

Autor



Universidad Autónoma de Querétaro
Facultad de Ciencias Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Facultad de Química

Nombre de la tesis

Prácticas Selectas de Conservación de
Suelo y Agua para Microcuencas del
Estado de Querétaro.

TESIS

Año

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de

**MAESTRO EN GESTIÓN
INTEGRADA DE CUENCAS**

Presenta

GABRIELA LUCAS DEECKE

Querétaro, Junio de 2006



Universidad Autónoma de Querétaro

Facultad de Ciencias Naturales
Facultad de Ingeniería
Facultad de Psicología
Facultad de Filosofía
Facultad de Ciencias Políticas y Sociales
Facultad de Química

“Prácticas Selectas de Conservación de Suelo y Agua para Microcuencas del Estado de Querétaro”

TESIS

Que como parte de los requisitos para obtener el grado de
Maestro en Gestión Integrada de Cuencas

Presenta:

Gabriela Lucas Deecke

Dirigido por:

Dr. Eusebio Jr. Ventura Ramos

SINODALES

Dr. Eusebio Ventura Ramos
Presidente

Firma

Dr. Miguel Ángel Domínguez Cortazar
Secretario

Firma

Dr. José Luis Hernández Stefanoni
Vocal

Firma

MI. Filiberto Luna Zúñiga
Suplente

Firma

M.C. Juan Antonio Casillas González
Suplente

Firma

Mtro. Jaime Ángeles Ángeles
Director de la Facultad
de Ciencias Naturales

Dr. Luís Hernández Sandoval
Director de Investigación y
Posgrado

Centro Universitario
Querétaro, Qro.
Noviembre de 2006
México

RESUMEN

Uno de los problemas más graves que afecta a las actividades agropecuarias y forestales de los productores rurales, principalmente en el marco de las cuencas hidrográficas, es el continuo y permanente deterioro de los recursos naturales, especialmente del suelo que es el sustrato que permite toda actividad productiva. En el Estado de Querétaro también se perciben temporales cada vez más irregulares lo que hace sumamente necesaria la captación de agua de lluvia aunado a las técnicas de conservación de suelos. Teniendo como marco el Plan Nacional de Microcuencas se realizaron encuestas a productores de todo el Estado para ver cuales prácticas de CONSA son las que más utilizan y simultáneamente se hizo una investigación en los Planes Rectores ya realizados y avalados por FIRCO para ver cuales prácticas se recomendaban. Resultado de las encuestas fue que los productores ven al suelo solo como un sustrato de siembra, no como un recurso natural y sus prácticas son muy restringidas y de carácter correctivo. En los Planes Rectores también el suelo es descrito por sus características físicas, la erosión es dimensionada pero no se observa una relación entre los dos. Las recomendaciones en los Planes son también muy pobres y el aspecto de captación de agua se limita a la construcción de bordos abrevadero. Como resultado de esta investigación se presenta una compilación de recomendaciones para el trabajo en la prevención de la pérdida de suelo y la captación de agua de lluvia. Así mismo se presentan una serie de fichas técnicas de Prácticas Estructurales, de Bioingeniería, de Captación de Agua de Lluvia y Agronómicas para apoyar a los técnicos de las microcuencas y al público especializado a una mejor toma de decisiones y una mejor recomendación de Prácticas CONSA para las microcuencas del Estado de Querétaro.

Palabras clave: (Microcuencas, Degradación, Prácticas CONSA, Vegetación nativa).

SUMMARY

One of the more serious problems that affects the farming and forest activities of the rural producers, in the framework of the watersheds, is the continuous and permanent deterioration of the natural resources, especially of the ground that the soil is the substrate that allows all productive activity. In the State of Querétaro irregular weathers are perceived more and more, what makes necessary the implementation of rainwater catching systems together with soil conservation practices. Having as frame the National Watershed Plane, surveys were made to producers in all regions of the State to see what soil and water conservation practices are more used. Simultaneously an investigation was made on all the existing Watershed Master Plans, guarded by FIRCO, to see what recommendation technicians gave about water and soil conservation practices. Result of the surveys were that the producers see the ground like a sowing substrate, not as a natural resource, and their conservation practices are restricted and of corrective character. In the Watershed Master Plans, the ground is described by its physical characteristics, erosion is stated but a relation between both is not observed. The recommendations in the Watershed Master Plans are also very poor, they recommend conservation practices without mentioning with one and for rainwater water catching the only recommendation is the construction of small water holes to supply water for cattle. As a result of this investigation a compilation of different water and soil conservation practices was made, presented in Technical Sheets. All the practices were divided in Structural Practices, Bioengineering, Rainwater catchment and Agricultural Practices as a support to the technicians and specialized public of the Watershed in the State of Querétaro in order to encourage a better recommendation and decision making about water and soil conservation.

(Key words: Watershed, Erosion, Soil and Water Conservation Practices, Native vegetation).

DEDICATORIA

A los campesinos del Estado de Querétaro, quienes con rostro curtido por el sol y bolsillos vacíos, no han perdido las esperanzas de producir algo en el campo.

AGRADECIMIENTOS

Quisiera agradecer en primer lugar a todos los Maestros que nos dieron clases durante la Maestría, ya que cada uno contribuyó a enriquecer con su experiencia de vida la fascinante y necesaria “Gestión Integrada de Cuencas”.

Gracias, Dr. Ventura por transmitir su amor por el recurso suelo y la esperanza por construir un mundo mejor, más sustentable, puntos sin los cuales esta Tesis no se hubiera realizado.

Gracias Dr. Pineda, Dr. Ventura, Dr. Dominguez, Dr. Hernández, Dr. González, MC Diana Bustos, por realizar sus sueños y apostarle a esta Primera Generación.

Gracias MC Juan Antonio Casillas por compartir su maravillosa experiencia del desarrollo de las microcuencas en México, ha sido fuente de inspiración para este trabajo.

Gracias a todos mis compañeros, desde todos sus campos profesionales, fue una gran experiencia haberlos conocido y compartir esta aventura con ustedes.

Gracias Mamá, por tu apoyo incondicional, por suplirme en mis ausencias y tu arte en los dibujos.

Gracias a mis cuatro hombres: EDUARDO, JORGE, MAURICIO Y JULÍAN por aguantar con paciencia mis ausencias físicas y mentales. Ustedes son el motor detrás de este proyecto.

INDICE

Resumen	i
Summary	ii
Dedicatorias	iii
Agradecimientos	iv
Índice	v
Índice de Cuadros	vi
Índice de Figuras	vii
I. INTRODUCCION	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. Antecedentes históricos	3
2.2. Los grandes retos.	4
2.3. La degradación de suelos	4
2.4. La erosión de suelos	6
2.5. Microcuencas	8
2.6. Objetivo General	11
2.7. Objetivos específicos	12
2.8. Hipótesis de trabajo	12
III. METODOLOGIA	13
3.1. Selección de Prácticas CONSA: Encuestas y Consulta De Planes Rectores	13
3.2. Delimitación de las Microcuencas de Muestreo y Estudio	15
3.3. Elaboración de Fichas Técnicas	16
3.4. Integración de la Guía Técnica.	16

IV. RESULTADOS Y DISCUSION.	18
4.1. Análisis de las encuestas	18
4.2. Análisis de la investigación de los Planes Rectores	24
4.3. Discusión de resultados de las encuestas y los Planes Rectores	29
4.4. PROPUESTA DE GUÍA TECNICA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELO Y AGUA PARA MICROCUENCAS DEL ESTADO DE QUERETARO	31
4.4.1. Elementos topográficos necesarios en la conservación y Restauración de suelos	31
4.4.2. Determinación de la pendiente de un terreno	34
4.4.3. Trazos de curvas a nivel	38
4.4.4. Cálculo del escurrimiento superficial	40
4.4.5. Cálculo del escurrimiento máximo instantáneo	47
4.4.6. Muestreo de suelos	49
4.4.7. PRACTICAS ESTRUCTURALES	54
4.4.7.1. Clave EARS. Aumento de Rugosidad superficial	56
4.4.7.2. Clave EPR. Presa de ramas	60
4.4.7.3. Clave EPM. Presas de morillos (de troncos)	64
4.4.7.4. Clave EPA. Presas de piedra acomodada	70
4.4.7.5. Clave EPC. Presas de costales	76
4.4.7.6. Clave EPLL. Presas de llantas	81
4.4.7.7. Clave ETFS. Terrazas de formación sucesiva	86
4.4.7.8. Clave EPG. Presas de gaviones	93
4.4.7.9. Clave EZD. Zanjas derivadoras de esorrentía	102
4.4.7.10. Clave. EBR. Bordo abrevadero parcelario	109
4.4.8. PRACTICAS DE BIOINGENIERIA	113
4.4.8.1. Clave. BTMV. Terrazas de muro vivo	115
4.4.8.2. Clave. BPV. Uso de Pastos Vetiver	120
4.4.8.3. Clave. BTI. Terrazas individuales para la reforestación en terrenos con pendiente.	125
4.4.8.4. Clave. BTC. Tinas ciegas (Zanja trinchera)	129
4.4.8.5. Clave BCR. Cortinas rompevientos	135
4.4.9. PRACTICAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA	140
4.4.9.1. Clave. LLIS. Sistemas de captación in situ de agua de Lluvia.	141
4.4.9.2. Clave. LLA. Uso del Sistema AQUEEL.	145
4.4.9.3. Clave. LLC. Captación de agua de lluvia in situ con contreo	149
4.4.10. PRACTICAS AGRONOMICAS DE CONSERVACION DE SUELOS.	150

4.4.10.1. Clave. ACN. El cultivo en contorno	151
4.4.10.2. Clave ALC. Labranza de conservación ó labranza cero	156
4.4.10.3. Clave AMOA. Incremento de materia orgánica con Abonos verdes.	161
4.4.10.4. Clave AMOE. Incremento de materia orgánica con Estiércoles.	165
4.4.10.5. Clave. AMOL. Incremento de materia orgánica con Lombricomposta	170
4.4.10.6. Clave. APOLY. Utilización de PAM (Polyacrylamidas) y Yeso	171
4.4.11. PLANTAS NATIVAS PARA LA CONSERVACION DE SUELOS.	176
4.4.12. CONCLUSIONES	185
4.4.13. RECOMENDACIONES	186
LITERATURA CITADA	188
ANEXOS.	193

INDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
1. Número de veces que una obra es mencionada en un Plan de Rector expresado en % del total.	27
2. Número de prácticas recomendadas en cada Plan Rector.	28
3. Grupos de suelos de acuerdo a sus características	42
4. Vegetación y condición hidrológica	42
5. Uso de suelo, tratamiento y condición hidrológica	43
6. Condiciones de humedad antecedente	46
7. Condiciones de humedad	46
8. Diferentes criterios para definir el tipo de presa a utilizar para el control de azolves.	54
9. Tamaños comerciales de gaviones	98
10. Dimensiones comerciales de alambre de diámetro	98
11. Radio hidráulico considerando el tipo de canal escogido	106
12. Valores referentes al intervalo vertical o desnivel e intervalo horizontal o espacio entre hileras recomendable	117
13. Producción media de estiércol por especie	165
14. Recomendaciones generales sobre el manejo del estiércol	168
15. Cantidades de estiércol y frecuencia de aporte en condiciones medias.	169
15. Listado de plantas nativas y sus características para la conservación de suelo y agua.	177

INDICE DE FIGURAS

Figura	Página
1. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los Productores (muestra) de la Región Centro.	19
2. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los Productores (muestra) de la Región Sur.	20
3. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los Productores (muestra) de la Región Semidesierto.	21
4. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los Productores (muestra) de la Región Sierra Gorda	22
5. Percepción de los productores sobre el valor de su parcela	22
6. Comparativo de las cuatro regiones sobre los métodos de conservación de suelo y agua más utilizados	23
7. Nivel de Manguera	33
8. Medición de la pendiente con el aparato "A"	35
9. Medición de pendiente con nivel de manguera	36
10. Determinación de pendiente con nivel de mano	37
11. Determinación de pendiente con una carta topográfica	38
12. Trazo de curvas a nivel con aparato "A"	39
13. Trazo de curvas a nivel con nivel de manguera	40
14. Ejemplo de recorrido para muestrear suelos	52
15. Ejemplo de acumulación de sedimentos al aumentar la rugosidad.	58
16. Como aumentar la rugosidad superficial	58
17. Presa de ramas	60
18. Sección transversal de una cárcava y área de corte para zanja	61
19. Colocación transversal de hilera de estacas	62
20. Diseño de presa de ramas en cárcavas	63
21. Ejemplos de presas de morillos	64
22. Establecimiento de hilera de morillos base	66
23. Colocación transversal de morillos y formación del vertedor en una presa.	67
24. Vista frontal del delantal en una presa de morillos	68
25. Ejemplos de presas de piedra acomodada	70
26. Partes que constituyen a una presa de piedra acomodada	71
27. Secciones de excavación para empotramiento de la presa en una cárcava.	72
28. Diseño del vertedor en una presa de piedra acomodada	74
29. Colocación de estacas en presas de costales	77
30. Diseño de presa de costales con delantal.	78
31. Distribución espacial de presas de costales en una cárcava	79

32. Diseño del delantal de una presa de llantas	83
33. Distribución espacial de presas de llantas en una cárcava	84
34. Dibujo de las pendientes de una terraza de formación sucesiva	89
35. Construcción de bordo para terrazas de formación sucesiva.	91
36. Ejemplos de presas de gaviones	93
37. Zanja derivadota de escorrentía trapezoidal	107
38. Bordo parcelario de abrevadero	109
39. Ejemplo de terraza de muro vivo	115
40. Separación de los esquejes de pasto Vetiver	121
41. Corte de tope del los esquejes de Pasto Vetiver	121
42. Siembra de pasto Vetiver	122
43. Terrazas con pasto Vetiver	122
44. Sección transversal de terrazas individuales	126
45. Dimensiones de una terraza individual	127
46. Ejemplos de tinas ciegas (zanjas trinchera)	129
47. Sección transversal del diseño de una presa en terreno con pendiente.	131
48. Diagrama de distribución de tinas ciegas en tres bolillo	132
49. Distribución de zanjas trinchera en una hectárea	134
50. Formación transversal correcta de una cortina rompevientos	136
51. Diseño de plantación en tresbolillo y marco real	137
52. Comportamiento del viento ante una cortina vegetal	138
53. Distribución de cortinas rompevientos	138
54. Trazado en una pendiente que es regular y uniforme	152
55. Trazado en pendientes irregulares	153
56. Trazado para pendientes con una depresión	153
57. Primera línea para comenzar el barbecho	154
58. Siembra de cultivos en surco	155
59. Excavación de la cepa de siembra	173
60. Se coloca el árbol dentro de la cepa	173
61. Se mezcla el PAM con el yeso y con una parte del suelo	174
62. Se regresa la mezcla de suelo y mejoradotes a la cepa	174
63. Regar cada cepa llenándola con agua hasta el nivel del suelo	175

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los problemas más graves que afecta a las actividades agropecuarias y forestales de los productores rurales, principalmente en el marco de las cuencas hidrográficas, es el continuo y permanente deterioro de los recursos naturales, específicamente donde se desarrollan actividades de agricultura y ganadería extensiva de ladera y donde viven la mayoría de los habitantes más marginados del medio rural.

Esta degradación de los recursos naturales se refleja en la pérdida del suelo, estimándose que varios millones de hectáreas se encuentran severamente erosionadas, con el consecuente impacto negativo para las actividades productivas al reducirse el potencial. Consecuencias inevitables de esta situación, son la pobreza rural y la inseguridad alimentaria que prevalecen en los cientos de comunidades rurales marginadas. (Castellón, N. 2003)

La influencia humana sobre las cuencas hidrográficas es constante, a través de la extracción hídrica intensiva, el bombeo o desvío de los escurrimientos naturales a canales o embalses construidos, la perforación y operación de pozos, descarga de aguas residuales y otras acciones análogas. También, su acción se efectúa a través de la alteración de la cobertura vegetal, la deforestación, las plantaciones y cultivos, la modificación climática y microclimática, entre otros.

Debido a este impacto humano, las cuencas hidrográficas deben ser estudiadas no sólo teniendo en cuenta los componentes naturales del sistema, sino también los diversos modos de ocupación territorial. La deforestación, el sobrepastoreo, la apertura de terrenos al cultivo y la urbanización por el crecimiento de los asentamientos humanos, producen impactos muy intensos que se manifiestan fuertemente al impactar en el nivel natural de los regímenes hídricos en las cuencas. Los caudales instantáneos de los lechos aumentan y los caudales de base disminuyen. Se incrementa el albedo y cambian las características térmicas

de la superficie que se calienta más rápido durante el día y se enfría más por noche.

Al destruirse la cobertura vegetal o al disminuir su densidad, se reduce la permeabilidad de la superficie, se incrementa el escurrimiento superficial, los suelos son erosionados, se producen o incrementan los riesgos de inundaciones y se produce azolvamiento en los valles, llanuras aluviales y obras de infraestructura hidroagrícola. La construcción de infraestructura de servicios también tiene efectos negativos para el medio ambiente: modifican la configuración natural del drenaje, destruyen o sustituyen la vegetación nativa, introducen elementos orográficos artificiales, entre otros. El efecto combinado de los mencionados factores, resulta en una transformación radical del funcionamiento de las cuencas que debe ser considerado al analizar los procesos de manera integral. (Servicio de Conservación de Suelos, 1980)

En la actualidad, los inmensos problemas y desequilibrios de la población, están estrechamente relacionados con la escasez de alimentos y su dificultad para conseguirlos teniéndose entre otras causas, la degradación de los recursos naturales por la presión que se ejerce sobre ellos y por las inadecuadas prácticas de manejo que son utilizadas en las actividades productivas. (Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006, 2002).

Debido a lo anterior, y considerando que lo más importante es reducir los niveles de pobreza de los habitantes rurales y asegurar su autosuficiencia alimentaria, el principal reto es conservar, rehabilitar e incrementar el potencial productivo de los recursos naturales como premisa básica para asegurar un desarrollo permanente y autónomo de las comunidades rurales. (CONAFOR, 2004). La experiencia indica que la implementación de sistemas de manejo con características que incluyen la aplicación de prácticas de conservación de suelo, agua, vegetación, fauna y recursos asociados, es una forma práctica y económica de obtener beneficios al corto, mediano y largo plazo.

II. REVISION DE LITERATURA

2. 1. Antecedentes históricos.

Desde los albores de la humanidad, cuando el hombre se hace sedentario y comienza a trabajar la tierra para producir sus alimentos, comienza también una estrecha relación con esta tierra, que para los pueblos primitivos era considerada la “Madre Tierra”. Gracias a extensas investigaciones, ahora se conocen diversas formas prehispánicas de manejo agrícola e hidráulico como son: la intensidad agrícola (frecuencia de uso del mismo terreno), fuentes de humedad (lluvia de verano, lluvia de invierno, humedad del suelo, agua de riego, capilaridad), instrumentos de trabajo, y técnicas y métodos agrícolas tanto durante el ciclo de producción como en el largo plazo. (Rojas-Rabiela, 1980). Pareciera que en aras de la modernidad hemos olvidado muchas de estas prácticas que permitieron a nuestros ancestros cultivar de una manera intensiva permitiendo así el desarrollo de grandes civilizaciones como la Azteca, la Teotihuacana o la Maya.

Precisamente estas civilizaciones surgieron en los lugares donde la agricultura era más productiva. Pero cada vez que declinó la producción agrícola, en general debido al mal aprovechamiento de los suelos, decayeron también las civilizaciones y, a veces, como en el caso de la cultura Maya, desaparecieron del todo. La degradación de suelos ha derribado civilizaciones con la misma seguridad con que lo haría una conquista militar. Los romanos de la antigüedad se alimentaban con hortalizas traídas de las regiones del Norte de África, hoy desérticas. (Roberts, 1995).

2.2. Los grandes retos.

Hoy en los inicios del siglo XXI, el hombre tiene que hacer una revisión de los sistemas de producción empleados ya que los recursos naturales se están terminando y no hay más tierra donde pueda establecer sus cultivos. El primer reto es conservar el suelo, el cual ha sido un patrimonio subestimado. Según el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, no hay ningún recurso más indispensable para el hombre que el suelo, ya que junto con la luz solar, el aire y el agua nutre la vida vegetal y sustenta a todos los seres vivos. (SCS-USDA 1994).

El segundo reto es la conservación del agua. México y de manera especial el Estado de Querétaro enfrenta dramáticos problemas por la falta de agua. Aunado a esta escasez, también han cambiado los ciclos estacionales y las lluvias se han vuelto muy erráticas por lo que la agricultura de temporal, que cubre el 65% de la superficie cultivable del Estado, es todo un reto.

Es importante también la disponibilidad de agua. El abatimiento de los pozos agrícolas en el Estado es de 2.5. a 3 metros por año (Dirección de Infraestructura Hidroagrícola, Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Querétaro). Aunado a esto, las estaciones de lluvia se han desfasado considerablemente lo que convierte en un desafío las siembras de temporal. Si se considera que la mayoría de los productores poseen pequeñas extensiones y estas son de temporal el problema se vuelve aún más grave.

2.3. La degradación del suelo.

Se considera como degradación del suelo a toda modificación que conduzca al deterioro del suelo. Según la FAO-UNESCO la degradación es el proceso que rebaja la capacidad actual y potencial del suelo para producir, cuantitativa y cualitativamente, bienes y servicios.

Dentro del amplio concepto de degradación se distinguen una serie de degradaciones diferentes:

- 1) Degradación de la fertilidad. Es la disminución de la capacidad del suelo para soportar vida. Se producen modificaciones en sus propiedades físicas, químicas, fisicoquímicas y biológicas que conllevan a su deterioro.
- 2) Degradación química. Se presenta cuando hay pérdida de nutrientes, acidificación, salinización, sodificación, aumento de la toxicidad por liberación o concentración de determinados elementos químicos.
- 3) Degradación física. Por pérdida de estructura, aumento de la densidad aparente, disminución de la permeabilidad, disminución de la capacidad de retención del agua.
- 4) Degradación biológica. Cuando se produce una disminución de la materia orgánica incorporada.

La degradación tiene importantes consecuencias:

- 1) Pérdida de elementos nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg...) Puede ser de manera directa, bien al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.
- 2) Modificación de las propiedades fisicoquímicas: acidificación, desbasificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.
- 3) Deterioro de la estructura. La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad: como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por tanto aumenta la escorrentía.
- 4) Disminución de la capacidad de retención de agua: por degradación de la estructura o por pérdida de suelo.

- 5) Pérdida física de materiales: erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).

2. 4. La erosión de los suelos.

Los suelos agrícolas de nuestro país no solo han perdido fertilidad sino también su estructura. Anualmente se pierden grandes cantidades de suelo a causa de la erosión. Según evaluaciones realizadas por la Dirección General de Conservación del Suelo y Agua de la extinta Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en el año de 1982 se estimó que el 80.2% de los suelos del país se encontraban afectados por diversos grados de erosión y que el 19.2% restante no presentaba problemas de erosión. Así mismo se reportaba que el 4.57% del territorio nacional se encontraba completamente erosionado y que más del 48% de los terrenos del país presentaba erosión severa. (Muñoz, 2006). Para el caso de Querétaro, el estudio reporta un grado de erosión moderado, manifiesta en un 80 a 90% de la superficie estatal. Datos recientes de la CONAFOR (Comisión Nacional Forestal) reportan que el 64% de los suelos del país presentan problemas de degradación en diferentes niveles. CONAFOR (2004).

Pese a la gravedad de estos números, poco se ha hecho para detener la erosión y como recuperar la sustentabilidad de los mismos. Otro problema es que se están enfrentando las situaciones de manera aislada. Por ejemplo: la consecuencia de la erosión son los azolves en las presas, que se construyen con inversiones millonarias pero que su vida útil se reduce mucho por sedimentos que vienen de la cuenca aguas arriba. A la fecha todavía no se ha desarrollado una tecnología para desenzolvar las presas, siendo más barato hoy en día construir una presa nueva que rehabilitar la existente. La Comisión de Conservación de Suelo y Agua del Estado de Georgia, E.U.A., reporta que los daños por azolve no solo son innecesarios sino que también son extremadamente costosos, refiriendo

que históricamente los suelos agrícolas son el origen de la mayoría de los sedimentos. (Georgia Soil and Water Conservation Commission, 1996).

Parte del problema es que la pérdida de suelos ocurre sutilmente, en pocas ocasiones como en trombas o temporales atípicos se tiene grandes pérdidas en pocas horas. Pero la pérdida se da cada año sin que los productores realmente sepan lo que pierden. Foster (1977) menciona que la tierra es una inversión insegura si se deja que se produzca la erosión con la consecuente pérdida de suelo.

La pérdida de suelos es reconocido como un problema de prioridad nacional en México aunque pocas acciones se han tomado para desarrollar estrategias de mediano y largo plazo que detengan este problema. Morgan (1977) propone que las estrategias de conservación del suelo deben basarse en su cobertura para protegerlo del impacto de las gotas de agua; aumentar su capacidad de infiltración para reducir la escorrentía; mejorar la estabilidad de sus agregados e incrementar la rugosidad superficial para reducir la velocidad de la escorrentía y del viento.

La erosión es la pérdida selectiva de materiales del suelo. Por la acción del agua o el viento los materiales de las capas superficiales van siendo arrastrados. Si el agente es el agua se habla de erosión hídrica y para el caso del viento se denomina erosión eólica. (Servicio de Conservación de Suelos, 1980).

La erosión geológica se ha desarrollado desde siempre en la Tierra, es la responsable del modelado de los continentes y sus efectos se compensan en el suelo, ya que actúan con la suficiente lentitud como para que sus consecuencias sean contrarrestadas por la velocidad de formación del suelo. Así en los suelos de las superficies estables se reproduce el suelo, como mínimo, a la misma velocidad con que se erosiona. Es importante destacar que la erosión natural es un fenómeno muy beneficioso para la fertilidad de los suelos.

En definitiva, se produce un empeoramiento de las propiedades del suelo y una disminución de la masa del suelo. Estos efectos tienen dos consecuencias generales: a corto plazo, disminución de la producción y aumento de los gastos de explotación (cada vez el suelo necesita mayor cantidad de abonos y cada vez produce menos). A largo plazo: infertilidad total, abandono, desertización del territorio.

2.5. Microcuencas.

México transita por una difícil y azarosa senda que une dos puntos muy distantes en la historia de la gestión del agua: las cuencas y el medio ambiente. Vamos caminando muy lentamente del “gobierno” a la “governabilidad” de los recursos hídricos y de las cuencas hidrológicas. De situaciones y épocas en las que las instituciones gubernamentales, y más específicamente las dependencias gubernamentales federales, hacían y eran responsables de todo, ahora estamos en el camino de construir sistemas de gestión en los que, en una visión idealizada de largo plazo, los ciudadanos intervienen organizadamente en las decisiones que les competen y les afectan. Las decisiones se toman lo más cercanamente posible a los lugares en que se generan los problemas, con la información apropiada, de manera ordenada y planificada; con intervenciones coordinadas entre las entidades gubernamentales, cuidando los impactos y mitigando los efectos indeseables de las actividades productivas y el desarrollo urbano, y teniendo presentes las múltiples relaciones e interrelaciones que se producen entre los recursos naturales, la biodiversidad y los ecosistemas y, todo ello, en el marco geográfico de las cuencas hidrológicas. Es decir, estamos caminando hacia sistemas integrales de gestión de cuencas. (Chávez 2004).

Dentro de estos sistemas integrales se ha definido la microcuenca como la unidad mínima de gestión. La Guía Técnica para la elaboración de los Planes Rectores de Producción y Conservación define a la microcuenca como: “es la unidad básica de atención, ejecución y evaluación de los trabajos de rehabilitación y

conservación de los recursos naturales, de fomento económico diversificado y de desarrollo del capital social y humano”. (SAGARPA-FIRCO, 2005). El Gobierno Federal ha asignado al Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO), dependencia de la SAGARPA para que coordine todas las acciones encaminadas al desarrollo de microcuencas en el país.

FIRCO utiliza un procedimiento metodológico cuya aplicación genera como resultado, un instrumento de planeación, gestión y acción que se denomina “Plan Rector de Producción y Conservación” (PRPC), que genéricamente se puede considerar como el Plan de Manejo de las microcuencas. El PRPC considera el desarrollo integral de la población rural de las microcuencas como de manera directa y explícita presenta los objetivos y las necesidades de los habitantes de la microcuenca y asume lo planteado para proponer opciones de ordenamiento y manejo de los recursos naturales y de desarrollo comunitario, acordes con la realidad ambiental, social, cultural y económica del entorno. (SAGARPA-FIRCO, 2005).

El enfoque que tiene la metodología es considerar la rehabilitación de las microcuencas como un proceso de intervención del medio físico, relacionando los factores tecnológicos con los socioeconómicos, para contribuir al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes, con base en una mejor condición de los recursos naturales y asociados. “Esto es posible lograrlo únicamente mediante estudios integrados e incluyentes con la sociedad, que permitan establecer lineamientos para la adecuada utilización de los recursos a través de la aplicación e políticas de manejo sustentable”. (Pineda-López et al., 2005).

El proceso de planeación-gestión-acción participativa que propone el PRPC se sistematiza a través de la ejecución de diez etapas, cada una de ellas genera productos específicos, los cuales en conjunto llevan a obtener la posibilidad de generar, en la microcuenca donde se ejecuta, un modelo de desarrollo integral. Estos pasos son:

- a) Concertar con H. Ayuntamiento y/o Institución Rectora

- b) Asambleas Comunitarias
- c) Diagnósticos participativos
- d) Análisis de oportunidades y problemática
- e) Propuesta de alternativas
- f) Presentación de propuesta, validación y selección de alternativas.
- g) Elaboración del PRPC y presentación institucional
- h) Gestión Institucional
- i) Puesta en Marcha
- j) Asistencia Técnica, seguimiento y evaluación.

El presente trabajo se enfocará en los incisos c), d) y e), proponiendo una mejora en los diagnósticos para así proponer mejores alternativas y finalmente una mejor asistencia técnica con el auxilio de la Guía Técnica de Prácticas de Conservación de Suelo y Agua para el Estado de Querétaro.

El PRPC o Plan de Manejo de las microcuencas incluye un apartado en donde se elaboran los Diagnósticos Participativos del Medio Biofísico y del Medio Social. Se pretende que con el diagnóstico se podrá conocer, medir, interpretar, analizar y evaluar los hechos que han existido, explicarse las estructuras vigentes y las tendencias de los posibles cambios en el futuro. (SAGARPA-FIRCO. 2005).

En la propuesta de alternativas se presenta y describe brevemente las propuestas de los sistemas de manejo por uso del suelo a las que se ha llegado en común acuerdo con los habitantes de las microcuencas. Las propuestas de Conservación del Suelo y Agua necesitan de fichas técnicas adecuadas a las condiciones locales de las microcuencas en una región o estado. Muchas veces, el coordinador de la microcuenca se enfrenta con la necesidad de formular las fichas técnicas para prácticas específicas y la falta de documentos y literatura técnica limita la buena realización de las propuestas. En este contexto, la presente investigación tiene como objetivo definir cuales son las prácticas de conservación de suelo y agua (CONSA) más recomendables para las microcuencas del Estado

de Querétaro, basados en la información que se vierten en los Planes de Manejo, de las prácticas más utilizadas por los productores y de las recomendaciones de prácticas que se encuentre en la literatura según las condiciones del Estado.

Se pretende que el documento producto del presente trabajo sirva como guía o manual para los técnicos encargados de las microcuencas y como documento de consulta para los tomadores de decisiones.

2.6. Objetivo General.

El Objetivo General del presente proyecto es determinar las prácticas y desarrollar una Guía Técnica de Prácticas Selectas de Conservación de Suelo y Agua (CONSA) que tome en cuenta los requerimientos de los Planes de manejo actualmente formulados para las microcuencas del Estado en base a las condiciones locales tanto del medio físicos como socioeconómicas.

2.7. Objetivos Específicos.

En forma específica, el estudio pretende:

- a) Definir cuales son las prácticas de conservación de suelo y agua comunes en las diferentes regiones del Estado y que han sido requeridas en los Planes de Manejo de las microcuencas del Estado.
- b) Proponer las prácticas de CONSA más recomendadas para cada una de las microcuencas del Estado
- c) Hacer un catálogo detallado de las diferentes prácticas incluyendo su ficha técnica.

2.8. Hipótesis de Trabajo:

Los Planes Rectores de Producción y de Conservación (PRPC) existentes y las entrevistas aplicadas en diferentes microcuencas del Estado de Querétaro facilitan la definición del catalogo de prácticas CONSA requeridas. La información existente es suficiente y el conocimiento de las condiciones locales permite la integración de las fichas técnicas de las prácticas CONSA para la formulación de la Guía Técnica.

III. METODOLOGIA

3.1. Selección de Prácticas CONSA: Encuestas y Consulta de Planes de Manejo

Para determinar cuales son las prácticas que más utilizan los productores se diseñó una encuesta para un muestreo no probabilístico, utilizando el método de muestreo por cuotas, que consiste en elegir aquellos elementos que mejor se adaptan a las conveniencias del investigador. (Cochran.1992). Se realizaron 20 cuestionarios (Ver Anexo 1) en cada una de las 4 Regiones en las que está dividido el Estado de Querétaro, tratando de que los entrevistados fueran representativos de los diferentes sectores productivos, (Agricultores, ganaderos y forestales). Esto es, que de los 20 cuestionarios aplicados por región se cuestionara a la misma cantidad de agricultores, de ganaderos y forestales en cada región. Esto con la finalidad de analizar cuales eran las prácticas más comunes utilizadas en las diferentes regiones fisiográficas. (Peña, 2005). En total se aplicaron 80 Cuestionarios.

El Estado de Querétaro está conformado por cuatro regiones determinadas por el Gobierno del Estado que son: Región Centro (comprende los Municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan) Región Sur (comprende los Municipios de Amealco de Bonfil, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tequisquiapan), Región Semidesierto (comprende los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Peñamiller, San Joaquín y Tolimán) y Región Sierra Gorda (Municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles). (Gobierno del Estado de Querétaro, 2004-2009).

La regionalización agropecuaria del Estado de Querétaro se deriva de la Ley de Distritos de Desarrollo Rural (1988), que determina formas los Distritos de Desarrollo Rural como zonas con características ecológicas y socio-económicas homogéneas para la actividad agropecuaria, forestal, de las agroindustrias y de acuacultura bajo condiciones de riego, de drenaje y de

temporal con objeto de planear, fomentar y promover el Desarrollo Rural Integral (Art. 7, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, publicada el 7 de Diciembre de 2001, la cual abroga la Ley de Distritos de Desarrollo Rural de 1988).

Para efectuar esta regionalización se consideró la división política municipal, la subregionalización establecida por el Comité Estatal para la Planeación del Desarrollo, las condiciones agroecológicas y agroeconómicas municipales, el uso del suelo, la infraestructura de irrigación y drenaje así como las vías de comunicación e infraestructura de apoyo.

Estas regiones son entonces unidades de desarrollo económico y social circunscritas a un espacio territorial, para articular y dar coherencia a las políticas de desarrollo (Art. 6, Ley de Desarrollo Rural Sustentable, 2001). (<http://www.queretaro.gob.mx/sedea/>).

A la vez que se realizaron los cuestionarios en las diferentes regiones se realizó una consulta de los Planes de Manejo de Microcuencas ya desarrollados en el Estado para analizar cual es el nivel de erosión en cada microcuenca y como influye este diagnóstico sobre las prácticas de manejo que recomiendan y ver la información que proveen a los productores sobre la utilización o implementación de estas prácticas. Esta consulta se realizó en los Planes de Manejo que tienen las oficinas de FIRCO (Fideicomiso de Riesgo Compartido, dependiente de la SAGARPA).

Una vez que se analizaron las prácticas más utilizadas por los productores, las más recomendadas en los planes de manejo de cara a las características fisiográficas de cada una de las regiones y la experiencia profesional personal se realizó una selección de prácticas de Conservación de Suelo y Agua, en lo sucesivo Prácticas CONSA realizando una ficha descriptiva de ellas.

Las prácticas seleccionadas fueron:

- a) PRÁCTICAS ESTRUCTURALES: Aumento de la Rugosidad superficial, Presa de Ramas, Presas de Morillos, Presas de piedra acomodada, Presas de costales, Presas de llantas, Terrazas de formación sucesiva, Presas de gaviones, Zanjias derivadoras de escorrentía, Bordo abrevadero parcelario.
- b) PRÁCTICAS DE BIOINGENIERÍA: Terrazas de muro vivo, uso de Pastos Vetiver, Terrazas individuales para la reforestación en terrenos con pendiente, Tinajas ciegas (Zanjias trincheras), Cortinas rompevientos.
- c) PRÁCTICAS DE CAPTACION DE AGUA DE LLUVIA: Sistemas de captación in situ de agua de lluvia, uso del Sistema Aqueel, Captación de agua de lluvia in situ con contreo.
- d) PRÁCTICAS AGRONÓMICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS: El cultivo al contorno, Labranza de conservación ó labranza cero, incremento de materia orgánica con abonos verdes, Incremento de materia orgánica con estiércoles, Incremento de materia orgánica con lombricomposta y la utilización de Polyacrylamidas (PAM) y yeso.

3.2. Delimitación de las microcuencas de muestreo y estudio.

Para el presente trabajo se utilizó la información del Estado de Querétaro que se reporta en el Mapa Nacional de Microcuencas en su versión preliminar, que está siendo elaborado por la Universidad Autónoma de Querétaro (Domínguez et al., 2005). La información adicional de suelos, vegetación, etc. fue determinada de la cartografía del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Información (INEGI). Para la referencia de erosión se utilizó el trabajo no publicado del Dr. Dominguez (Dominguez, 2003)

3.3. Elaboración de Fichas Técnicas

Cada una de las prácticas CONSA del Manual cuenta con los siguientes puntos:

- a) Nombre de la práctica.
- b) Dibujo o fotografía
- c) Definición
- d) Propósito de la práctica
- e) Condiciones para ser utilizada
- f) Criterios de diseño
- g) Especificaciones de construcción
- h) Mantenimiento.

Así mismo, cada una de las prácticas CONSA cuenta con una clave y fueron agrupadas en Prácticas Estructurales, Prácticas de Bioingeniería, Prácticas de Captación de Agua de Lluvia y Prácticas Agronómicas.

En caso de contar con distribuidores locales en el Estado o sea necesaria información sobre donde adquirir información o algún tipo de material también ha sido mencionado en las fichas técnicas.

3.4. Integración de la Guía Técnica o Manual

Con la información que se obtuvo de los cuestionarios a 20 productores representativos en cada una de las cuatro Regiones del Estado, aunado a la búsqueda en los PRPC's y apoyada con información bibliográfica actualizada y la información de erosión, se fue conformando una serie de prácticas que pudieran servir de referencia a los técnicos de las microcuencas o a los responsables de las Microcuencas en cada uno de los Municipios.

Se trató que las prácticas fueran sencillas de implementar, con materiales disponibles en las cuatro regiones, conteniendo todas las fichas la información

técnica necesaria para establecer la práctica. Así mismo, se facilitó la información de proveedores tanto de materiales como de información necesaria para realizar la práctica.

A cada ficha técnica se le asignó una Clave para su mejor identificación. La letra inicial de la Clave determina el tipo de la Práctica:

Practicas estructurales:	E
Practicas de Bioingeniería	B
Practicas de Captación de agua de lluvia	LL
Prácticas agronómicas	A

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4. 1. Análisis de resultados de los cuestionarios.

Se aplicaron 20 entrevistas en cada región tratando de que estuvieran representados los diferentes tipos de productores: agricultores, ganaderos y silvicultores. Debido a la poca disponibilidad de los encuestados esto no fue del todo posible, ya que no todos accedieron a responder a las preguntas. Las entrevistas se realizaron en sus parcelas, en mercados agropecuarios, en las sedes de las Uniones de Ejidos de los diferentes municipios y en la oficina de la Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Estado.

Se presentaron variaciones entre las diferentes regiones pero la mayoría de los productores menciona que utiliza la incorporación de estiércoles y la formación de terrazas.

Región Centro: (Municipios de Querétaro, Corregidora, El Marqués y Huimilpan). Como se observa en la Figura 1, en esta Región el 55% de los 20 entrevistados tiene problemas de erosión refiriendo el 60% que la pérdida de suelo es poca, 35% que es nada y 5% que es mucha. De las prácticas que utilizan el 55% maneja la incorporación de estiércoles para mejorar su suelo, el 25% ha implementado terrazas, el 25% “atranca” el agua. Este término de “atranca” se refiere a una medida correctiva. Después de una fuerte lluvia, en el lugar donde observen daños por erosión, “arroyos” como ellos se refieren, colocan piedras en forma de presas de piedra acomodada para quitarle la velocidad del agua en caso de otra lluvia fuerte. Solo el 15% de los productores encuestados realiza dos prácticas que son el uso de estiércol y el de atrancar el agua cuando hay formación de arroyos. Solo un productor agrícola refiere utilizar siembra en contorno como una medida de conservación de suelos. Otro punto a mencionar es la definición de suelos, a la pregunta de “¿Cual era el tipo de suelo de la parcela?” la respuesta varió entre tierra negra o tierra parda. Se mencionaron los siguientes tipos: Negros, pardos, tierra lama, negro-delgado, negros-pardos.

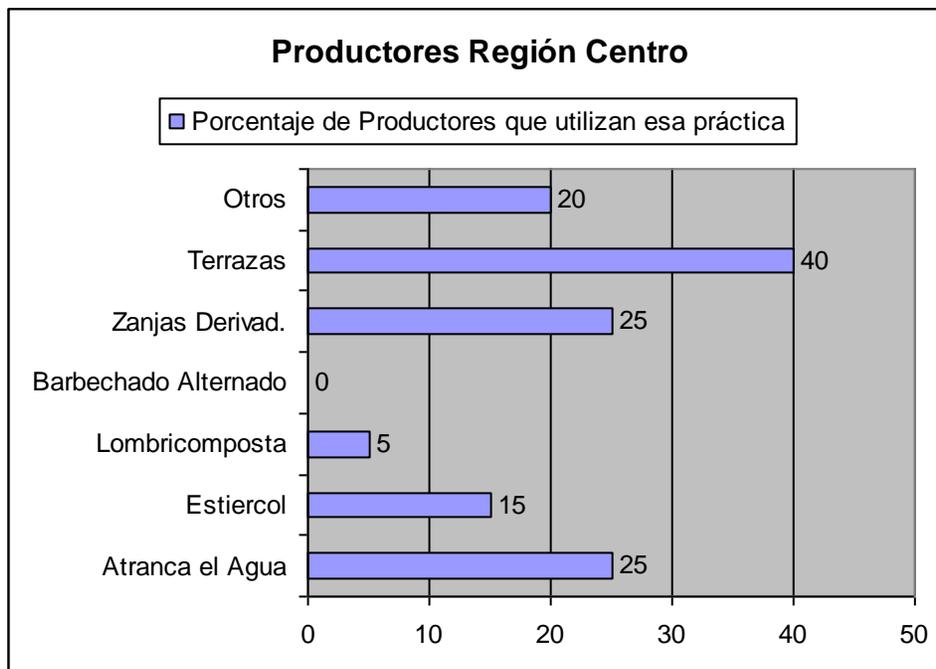


Figura. 1. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los productores (muestra) de la Región Centro.

Región Sur: (Municipios de Amealco de Bonfil, Ezequiel Montes, Pedro Escobedo, San Juan del Río y Tequisquiapan). En esta Región el 90% de los encuestados tiene problemas de erosión, refiriendo el 70% que la pérdida de suelo es poca, el 20% que pierde mucho suelo y 10% que no se dan cuenta de una pérdida. Como se observa en la Figura 2, de las prácticas utilizadas el 40% utiliza terrazas de piedra, por la disponibilidad de piedra, 25% zanjias derivadoras, 25% “atrancan” el agua, 15% utilizan la incorporación de estiércoles. Aquí sobresale que el 15% manejan la reforestación como una medida de conservación de suelo. En la definición del tipo de suelo de su parcela la variación fue mayor, aún en zonas similares. Se mencionaron suelos: Pardos, pedregosos, arenosos, llanura con barro, cascajo con bosque, laja con cascajo, ladera con cascajo, piedra y tepetate, llanura con monte, tierra blanca con ladera.

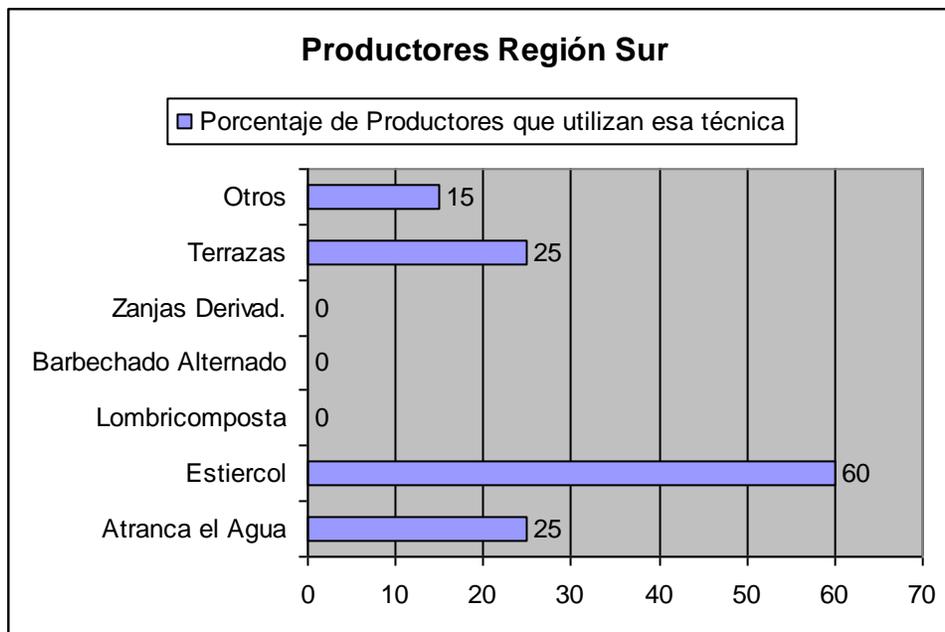


Figura.2. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los productores (muestra) de la Región Sur.

Región Semidesierto: (comprende los municipios de Cadereyta de Montes, Colón, Peñamiller, San Joaquín y Tolimán). En esta zona la mitad de los encuestados, o sea el 50% reporto que tenían erosión y el 50% que no. A pesar de tener zonas de fuertes pendientes solo el 10% mencionó que utiliza terrazas y el 30% “atranca” el agua como medida correctiva en zonas donde se estén formando arroyos. (Ver Figura 3). El 15% realiza 2 prácticas que son el “atranca” el agua y la incorporación de estiércoles. La descripción de suelos fue la siguiente: pardos, pardo-arenosos, pardo-calizos, pardo-gris, arcilloso, negra de presas, pedregoso, calizo y negro-pardo.

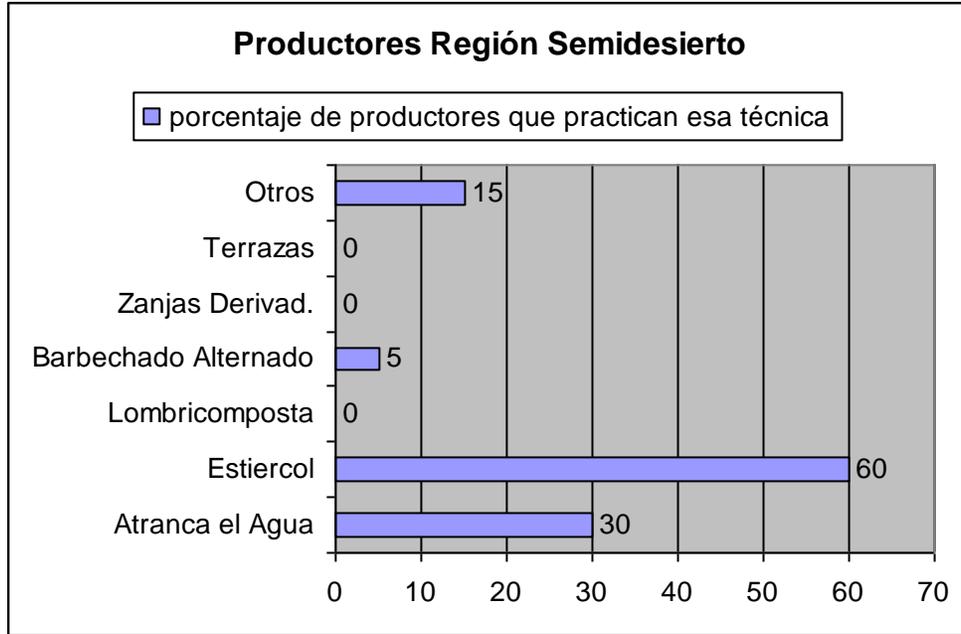


Figura.3. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los productores (muestra) de la Región Semidesierto.

Región Sierra Gorda: (Municipios de Arroyo Seco, Jalpan de Serra, Landa de Matamoros y Pinal de Amoles). Aun siendo una Región de grandes pendientes el 60% de los encuestados mencionaron no tener problemas de erosión, refiriendo el 65% que la pérdida de suelos es poca. (Ver Figura 4). Del total de los encuestados el 55% maneja la incorporación de estiércoles ya que la mayoría de los productores fueron ganaderos (80%). El 15% “atranca” el agua cuando se presentan arroyos y el 35% mencionaron no hacer nada. En cuanto a su descripción de suelos, esta fue más homogénea, se mencionaron: pardos, negros y gris-café.

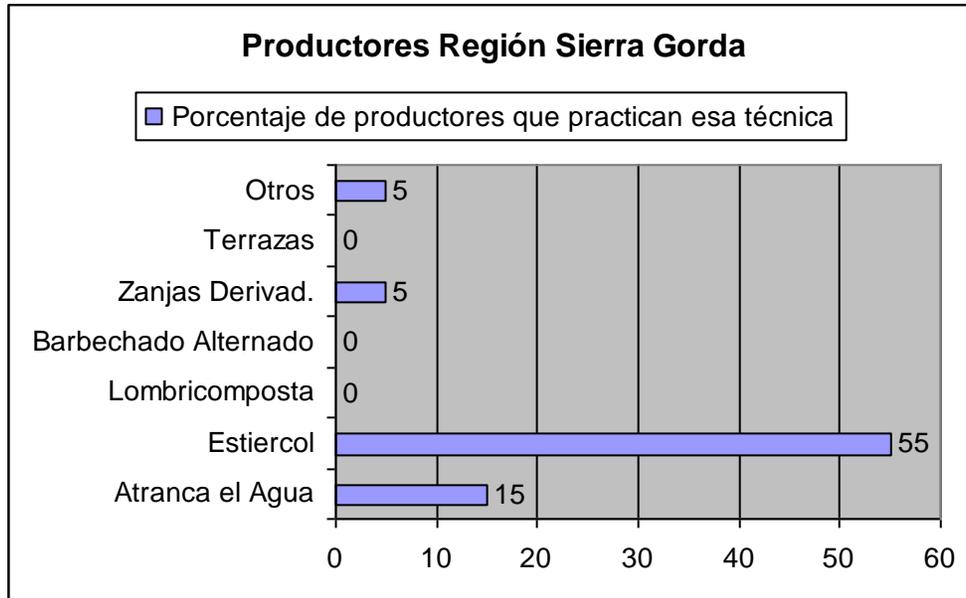


Figura. 4. Métodos de conservación de suelo y agua utilizados por los productores (muestra) de la Región Sierra Gorda.

En la Figura 5 se puede observar que el 95% de los encuestados perciben que su parcela o terreno vale más por la plusvalía del mismo no por que este en buen estado su suelo.

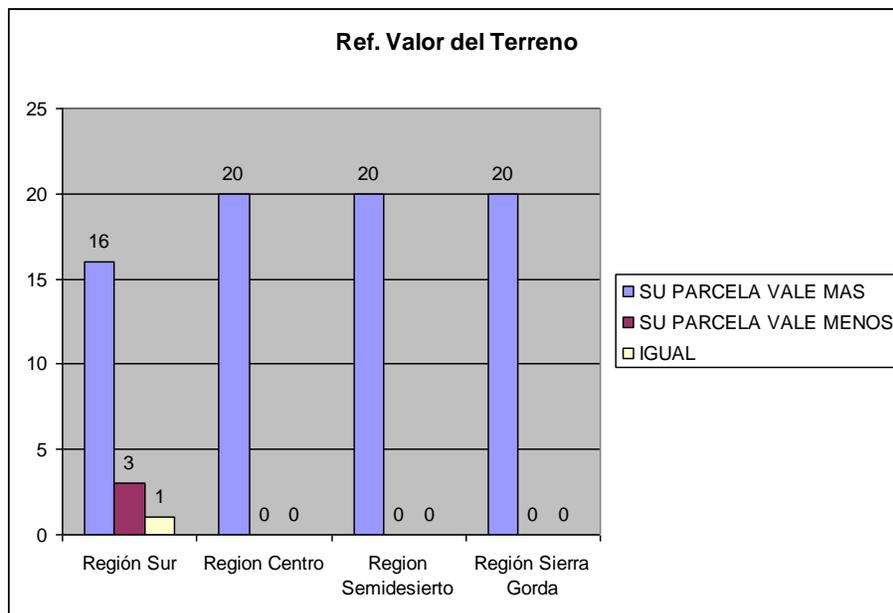


Figura. 5. Percepción de los productores sobre el valor de su parcela.

La Figura 6 es un concentrado donde se observa que en las cuatro Regiones la práctica más utilizada es la incorporación de estiércoles para mejorar la fertilidad del suelo, a excepción de la Región Centro donde la práctica más utilizada son las terrazas de formación sucesiva. El 99% de los encuestados que utilizan la incorporación de estiércoles utilizan estiércol bovino a excepción de un productor de la Región del Semidesierto que utiliza estiércol porcino.

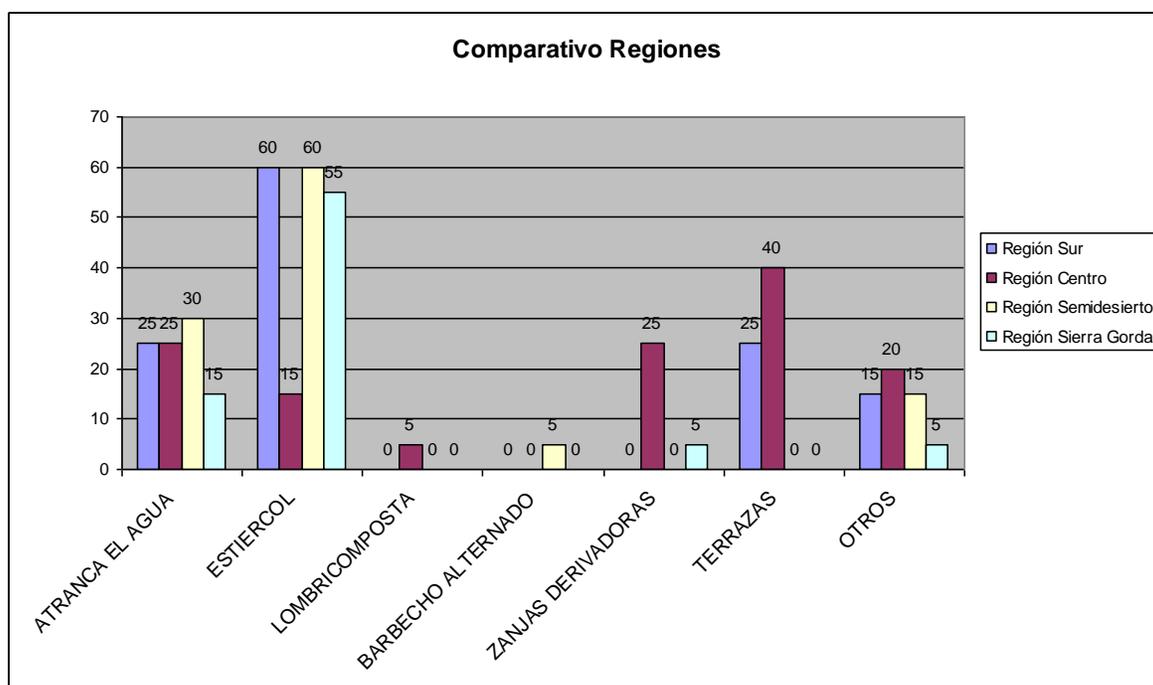


Figura. 6. Comparativo de las cuatro regiones sobre los métodos de conservación de suelo y agua más utilizados.

Esta información denota varios aspectos:

- 1) Hay un conocimiento sencillo de los productores acerca de los suelos de sus parcelas.
- 2) Aunque la mayoría reconoce que tiene problemas de erosión, esta preocupación no se refleja en prácticas de conservación.
- 3) La aplicación de estiércoles es una medida encaminada a aumentar la fertilidad de los suelos pero no la relacionan con la conservación del suelo en sí.

- 4) Hay desconocimiento de las prácticas más recomendables según la zona y el tipo de suelo.
- 5) Existe desconocimiento de la práctica de conservación en sí. Por ejemplo, en la incorporación de estiércoles, hay muchas opiniones diferentes sobre si se incorpora fresco, unos lo dejan secar, se “orea” (un modismo que se refiere a dejar secar al aire), otros lo llevan al terreno, donde lo apilan por un tiempo y luego lo incorporan, etc.
- 6) El 95% de los encuestados refieren que aumentó el valor de su tierra pero no como una consecuencia de la mejora en tierras sino por la plusvalía de los terrenos. Esto denota que no hay mucha consciencia de que un terreno erosionado vale menos porque ya no será posible cultivar o producir algo en él.

4. 2. Análisis de la investigación de los Planes Rectores.

Los Planes de Rectores de Producción y Conservación del Estado de Querétaro fueron consultados en la oficina estatal de FIRCO (Rufino Tamayo No. 51, Fracc. Pueblo Nuevo, Corregidora, Querétaro). Hay varios que todavía están en etapa de revisión por lo que no pudieron ser consultados. En total se obtuvo información de 41 Microcuencas. De cada Plan Rector se tomaron datos generales como los siguientes: Nombre de la Microcuenca, Municipio, localidades que comprende, altitud promedio, tipo de clima, tipo de suelo, tipo de erosión y las prácticas CONSA recomendadas (Ver Anexo 2).

De los 41 PRPC'S consultados, el 90% hace una descripción de suelos, pero de estos solo el 24% menciona la fuente de esta información. Este 24% cita como referencia la Carta de Suelos FAO/UNESCO, adaptada por CETENAL en 1970. La referencia de suelos es una copia literal de lo descrito en la Carta de Suelos, no cumpliendo ninguno con la recomendación de la Guía Técnica que sugiere que los técnicos y las personas de la comunidad “ubiquen y dibujen, en una copia del plano base de la microcuenca o micro región, los **tipos de suelos** como ellos los

conocen, que ubiquen y dibujen con lápiz los cambios entre los tipos de suelos y escriban los nombres locales de cada uno de ellos, dando resultado el Plano de Suelos comunitario”. (SAGARPA-FIRCO, 2005).

Menciona la Guía Técnica que es necesario hacer una correlación con la carta de edafología (suelos) para verificar si los tipos de suelos que se muestran en la carta, existen realmente en la zona de trabajo y si tienen alguna similitud con el plano de suelos comunitario que elaboró la gente. Este ejercicio no fue realizado en ninguno de los PRPC’S estudiados.

Las 41 Microcuencas estudiadas se localizaron en el Plano Nacional de Microcuencas (Domínguez et al., 2005). Este ejercicio presentó dificultad ya que los Planes Rectores están definidos con un Plan Estatal de Microcuencas que fue creado por FIRCO Estatal en el 2000, pero el Plan Nacional de Microcuencas es muy diferente y en algunos casos fue sumamente difícil localizar las microcuencas en el plano nuevo ya que no solo se dividieron y cambiaron de forma sino también de nombre. Una vez localizadas las microcuencas se les aplicó el Modelo de erosión hídrica en el Estado de Querétaro (Dominguez, 2003) para determinar cual era el % de erosión hídrica probable en cada una de ellas. (Ver Anexo 5). Esto con la intención de analizar si los Planes Rectores eran asertivos en cuanto a su diagnóstico biofísico y después en la recomendación de prácticas de manejo que estuvieran relacionadas. (Ver Anexo 4).

De los 41 Planes Rectores o PRPC, solo el 29% hace referencia a erosión, aunque solamente para cumplir el requisito de la Guía Técnica, pero no es sustentado con información de campo, ya sea de los productores o de los técnicos. El 70% de los Planes Rectores no menciona erosión. Esto es especialmente dramático en la Región del Semidesierto y la Región de la Sierra Gorda donde solo un Plan Rector menciona erosión, también para cumplir el requisito de la Guía. Ahora cuando se aplicó el Modelo estas regiones es donde se presenta la mayor pérdida estimada por erosión. Aquí es importante aclarar,

que lo que se aplicó es un modelo de “erosión probable” donde uno de los criterios más importantes del modelo es la pendiente.

La región del Semidesierto y de la Sierra Gorda es de grandes pendientes lo que hace lógico el porcentaje de erosión. En la Región de la Sierra Gorda, donde se presenta el mayor riesgo de erosión estimado, la vegetación es exuberante y la misma población no perciben que sus terrenos tengan riesgo de pérdida de suelos por erosión, ya que los ven cubiertos de pastizales o de bosques y no tienen tantos problemas de cárcavas como lo tendría la zona de Amealco y Huimilpan. Esto puede influir en los técnicos, que parten de la misma percepción al realizar los PRPC'S.

En la Región Sur y Centro es donde menos porcentaje de erosión por arriba de las 200 ton/ha/año se presentó, pero estas regiones son las más densamente pobladas y a la vez las regiones de mayor producción agrícola del Estado. Esto ya presenta un incremento en riesgo, pero lo interesante es que en ninguno de los PRPC hay una referencia aterrizada a la erosión en la microcuena específica, a excepción del Plan Rector de Santa Rosa Jáuregui, elaborada por Investigadores Multidisciplinarios de la Maestría de Gestión Integrada de Cuencas.

Las prácticas CONSA que se mencionan en forma frecuente en los diferentes Planes Rectores y el porcentaje de veces que fue mencionada en relación a todos los Planes Rectores se observan en el Cuadro 1.

Cuadro.1. Número de veces que una obra es mencionada en un Plan Rector expresada en % del total.

PRACTICA DE CONSA	NUMERO DE VECES QU ES MENCIONADO	% QUE ES MENCIONADA CON RESPECTO AL TOTAL
Terrazas	36	82%
Bordos	32	73%
Presas filtrantes	19	43%

Subsoleo	12	27%
Materia orgánica	12	27%
Zanjas derivadoras	10	23%
Prácticas CONSA (sin mencionar cuales)	9	20%
Cercos vivos	7	16%
Labranza de conservación	7	16%
Gaviones	7	16%
Nivelación de terreno	7	16%
Surcado al contorno	6	16%
Olla de agua	5	11%
Tinas ciegas	5	11%
Abonos verdes	4	9%
Cortinas rompeviento	4	9%
Captación de agua de lluvia in situ	2	5%
Aqueel		5%

Fuente: Elaboración propia.

El Cuadro anterior corrobora los datos de la investigación, en el sentido que es de interés de los productores rurales la conservación de suelo y agua ya que las obras o prácticas más solicitadas son la construcción de terrazas y bordos. Solo en los Planes Rectores de Santa Rosa Jáuregui (Municipio de Querétaro) y el de San Pedro (Municipio de Huimilpan) se hace referencia a como se deberían hacer las prácticas. Esto debido a que el equipo que realizó los PRPC'S fue realmente interdisciplinario, coordinado por la Universidad Autónoma de Querétaro, por lo que se tuvieron propuestas actualizadas desde todos los ámbitos profesionales.

El 20% de los Planes Rectores mencionan prácticas CONSA para corregir la erosión sin mencionar cuales se pueden proponer.

En la descripción de los Planes Rectores hay definición de la flora que se encuentra en el lugar pero no hay referencias en ninguna de materiales nativos que se pudieran utilizar para los cercos vivos, reforestación o cortinas rompevientos. (La Guía Técnica recomienda que junto con los pobladores se haga un cuadro con la vegetación local y sus usos, aspecto que no se cumplió en ninguno de los planes estudiados).

La descripción de suelos es muy general, ya que aunque se definen los suelos de acuerdo a la Carta de Suelos de INEGI, solo hay una descripción de ellos según la fuente pero no hay ninguna referencia más adelante de cómo este tipo de suelo puede influir en los sistemas productivos y en las prácticas de manejo.

Se realizó también un análisis del número de prácticas de conservación que son sugeridas en los Planes Rectores, dando como resultado el Cuadro 2.

Cuadro. 2. Número de prácticas recomendadas en cada Plan Rector.

NUMERO DE PRACTICAS RECOMENDADAS EN CADA PLAN RECTOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
0	3	6.81%
1 - 3	17	38.63%
4 - 6	16	36.36%
7 - 10	8	18.18%

Fuente: Elaboración propia.

De esta tabla se desprende que en promedio en los Planes Rectores se recomiendan de 1 a 6 prácticas CONSA. Solo en el 18% se recomiendan más de 7 prácticas, las cuales son: Bordos Parcelarios, Labranza de Conservación, Terrazas, Surcado al Contorno, Presas filtrantes, Zanjias derivadoras, Tinas ciegas, Gaviones e Incorporación de Materia Orgánica.

4. 3. Discusión de resultados de las encuestas y los Planes Rectores.

De acuerdo a los resultados anteriores se llegaron a las siguientes conclusiones:

- 1) Las prácticas más utilizadas por los productores de las diferentes Regiones fueron en orden de importancia: La incorporación de materia orgánica con estiércoles, “atranicar” el agua (es una práctica correctiva ya que colocan piedras en los arroyos que forman en la parcela precipitaciones fuertes), terrazas de formación sucesiva, otros (como

labranza al contorno, reforestación, y mantener el terreno cultivado), zanjias derivadoras, aplicación de lombricomposta (solo fue mencionada por un productor) y barbecho alternado que se refiere al barbecho hacia un sentido en un año y del sentido contrario el año siguiente.

- 2) Hay desconocimiento de los productores sobre las propiedades del suelo de su parcela y la forma más correcta de aumentar su productividad y conservarlo.
- 3) Hay un total desconocimiento de prácticas agronómicas que pueden mejorar no solo las condiciones edáficas del suelo y prevenir erosión sino también captar agua de lluvia y mejorar la productividad.
- 4) El productor trabaja en función de obtener rendimiento en el ciclo siguiente, con una visión de corto plazo sin tomar en cuenta las características del suelo.
- 5) En la investigación realizada a los Planes Rectores las obras solicitadas fueron las siguientes: Terrazas, bordos, presas filtrantes, subsoleo, incorporación de materia orgánica, zanjias derivadoras, Prácticas CONSA sin mencionar cuales, cercos vivos, labranza de conservación, gaviones, surcado al contorno, Olla de agua, tinas ciegas, abonos verdes, cortinas rompevientos, captación de agua in situ, Aqueel.
- 6) La información que vierten los Planes Rectores sobre suelos es muy general, es información que el técnico obtiene de la Carta de Suelos pero no es una información apropiada por los productores y no contribuye a dar información sobre como manejar y producir con ese tipo de suelos.
- 7) Hay desconocimiento de los técnicos de las Microcuencas sobre prácticas de manejo más adecuadas a determinados tipos de suelos, aunque la Guía Técnica presenta un cuadro guía sobre el Uso Apropiado de la Tierra con fines agrícolas desarrollado por la FAO. En este cuadro se mencionan prácticas agronómicas adecuadas y/o recomendadas.
- 8) Los Planes Rectores reflejan la preocupación de los productores y los habitantes de las microcuencas sobre la captación de agua y el evitar la pérdida de suelos al proponer en la mayoría de ellos bordos y terrazas,

pero no hay una propuesta de un plan integral y de medios alternativos que puedan practicar los productores para resolver estos problemas.

- 9) Los Planes Rectores siguen la lista de requisitos para la Elaboración de Planes Rectores de Producción y Conservación (PRPC), pero la mayoría de la información se obtiene de fuentes estadísticas y no por un proceso participativo, lo que los empobrece enormemente.
- 10) Los técnicos de las microcuencas desconocen las prácticas de conservación de suelo y agua por lo que hay poca implementación de las diferentes prácticas.
- 11) Es necesario elaborar una Guía Técnica de Prácticas de Conservación de Suelo y Agua para las Microcuencas del Estado de Querétaro que sea una herramienta para los Técnicos de las Microcuencas que elaboren los Planes Rectores. Esta Guía no solo deberá contar con las Fichas Técnicas de prácticas específicas sino también con información necesaria para tomar una decisión sobre cual se propone y luego implementarlas.

4. 4. PROPUESTA DE GUÍA TÉCNICA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACION DE SUELO Y AGUA PARA MICROCUENCAS DEL ESTADO DE QUERETARO.

4.4.1. Elementos topográficos necesarios en la conservación y restauración de suelos.

Los instrumentos para realizar trabajos topográficos comprenden diferentes aparatos y materiales y su uso depende de la precisión que se requiera para cada tipo de obra.

Entre los de alta precisión se encuentran el nivel montado y el tránsito; de precisión intermedia existen el caballete, o Aparato “A”, nivel de manguera y nivel de mano simple o clisímetro.

Describiremos a continuación la fabricación y utilización del Aparato “A” y del nivel de manguera, ambos instrumentos muy sencillos pero que dan la precisión necesaria para poder implementar la mayoría de las prácticas recomendadas. Así mismo se explicará como utilizar los niveles de mano y como trabajar con planos de curvas de nivel para determinar las pendientes desde el plano.

Aparato “A”

Los materiales necesarios para construir el aparato “A” son:

- a) Dos fajillas o tablillas de 2 a 3 cm de grosor, 8 cm de ancho y 2 m de largo y otra de 1.5 m con el mismo grosor y ancho.
- b) Tres clavos de 2.5 pulgadas
- c) Dos metros de hilo resistente
- d) Una plomada o botella vacía con tapa de rosca
- e) Lápiz.

Para construir el Aparato “A” se siguen los siguientes pasos:

1. Emparejar las puntas de las fajillas formando una “A”. La distancia entre las patas del aparato deben ser de 2m.

2. Unir las dos fajillas con un clavo, a una distancia aproximada de 10 cm a partir de las puntas. El clavo no debe clavarse totalmente ya que en él se sujetará el hilo de la plomada.
3. Colocar el travesaño a la mitad de la "A". Las medidas se pueden hacer estirando el hilo atado al calvo hasta las partes terminales de las fajillas y doblarlo a la mitad, colocando marcas con lápiz.
4. Colocar la plomada aproximadamente 3 cm debajo del travesaño. Si no se cuenta con plomada, se puede usar una botella llena de agua, arena o tierra, haciendo un amarre por dentro de la tapa.
5. Ajustar la plomada. En un terreno plano se anclan dos estacas gruesas al nivel del suelo, a dos metros; sobre ellas se colocan las dos puntas, manteniendo el aparato en forma vertical para localizar el lugar que indica la plomada, misma que ha de marcarse con lápiz. Esta acción se repite intercambiando de lugar las dos patas sobre las mismas estacas; así se obtienen dos marcas, una de cada lado.
6. El paso siguiente es realizar una tercera marca a la mitad de las dos que ya se tenían. Para que la plomada vuelva a caer en el centro de las marcas, se ajusta la altura de una de las dos estacas, enterrándola suavemente. Cuando el hilo llegue al centro de las dos marcas, las patas estará a nivel. Para comprobarlo se da la vuelta al aparato sobre las mismas estacas: si la plomada vuelve a caer en el centro, el instrumento está listo para ser utilizado. De no ser así, deberá repetirse el procedimiento.

Nivel de manguera.

El nivel de manguera es el único instrumento de fabricación casera para nivelación que proporciona exactitud suficiente para el trazo de todo tipo de líneas a nivel o con pendiente. Es un instrumento simple que consta de dos tablas delgadas y una manguera, el cual puede construirse en campo, ofreciéndonos la precisión suficiente para determinar la pendiente y el trazo de curvas a nivel.

Los materiales necesarios son:

- a) Dos fajillas de 2 cm de grosor; 8 cm de ancho y 2 m de longitud
- b) Para observar los niveles de agua, se usa una manguera transparente, de longitud variable entre los 15 y 20 m y de diámetro pequeño (delgada) para efectuar las mediciones en el menor tiempo.
- c) Una cinta métrica flexible (como las que se usan en costura), pegamento, alambre y pinzas.

Para la construcción se siguen los siguientes pasos:

1. Sujetar con hilo o alambre los extremos de la manguera a lo largo de las fajillas. Debe cuidarse que la manguera no quede muy apretada, pero sí lo suficientemente fija para no tener errores al hacer las lecturas.
2. Poner agua a la manguera a 1 ó 1.5 metros del soporte (fajilla) para facilitar las lecturas y evitar derrames. Es necesario eliminar las burbujas que se forman dentro de la manguera.
3. Para ajustar el instrumento, se colocan las fajillas fijas sobre un terreno nivelado, marcando con lápiz, en las dos maderas, el nivel de los meniscos de agua al que se llama nivel original.



Figura.7. Nivel de manguera.

4.4.2. Determinación de la pendiente de un terreno.

La determinación de la pendiente es de gran relevancia para la planeación y construcción de obras de conservación de suelos y estimación de escurrimientos superficiales. La pendiente es el grado de inclinación que presenta un terreno; una forma de conocer su valor es obteniendo el porcentaje de desnivel entre dos puntos (indica los metros que baja una ladera en 100 m medidos horizontalmente) mediante el uso de equipo y aparatos topográficos.

Una forma sencilla de estimar la pendiente de un terreno es a través del uso de aparatos de construcción manual como el aparato "A", nivel de manguera o bien con nivel de mano.

a) Medición con aparato "A".

En un terreno se pueden tener dos o más laderas con diferente inclinación y tamaño, por lo que debe medirse la pendiente para cada área. Los materiales que se requieren son: un nivel rústico o aparato "A", una cinta métrica y una vara recta. Para obtener los porcentajes de pendiente deben seguirse los siguientes pasos:

1. Coloque una pata o soporte del aparato "A" contra la ladera.
2. Ponga una vara, caña o palo recto cerca de la otra pata.
3. Levante la pata más baja, poco a poco, hasta que la plomada marque el centro.
4. Marque con un lápiz sobre la vara el punto exacto a que llegó la punta de la pata.
5. Mida cuantos centímetros hay hasta la marca de la vara. El valor obtenido se divide entre dos, debido a que la distancia entre las patas del aparato es de 200 cm. El dato obtenido será el porcentaje de desnivel.

Si se realizan varias mediciones deberá obtenerse un dato promedio que represente la pendiente del terreno.

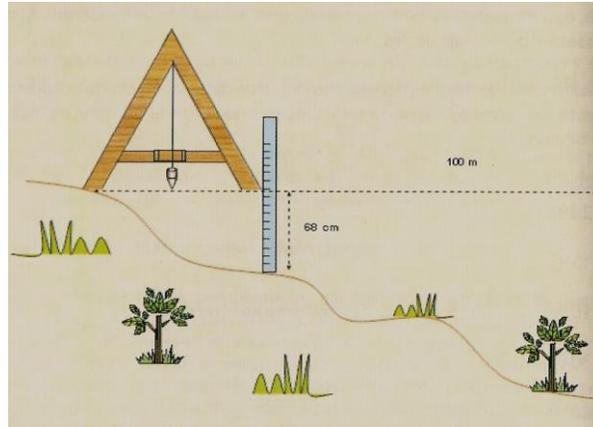


Figura. 8. Medición de la pendiente con el aparato “A”

b) Medición con Nivel de manguera.

Para determinar la pendiente con el nivel de manguera se colocan los dos soportes juntos y se marca en el estadal el nivel inicial de agua; posteriormente, se aleja uno de los estadales a 15 ó 20 m de distancia horizontal –según lo permita la inclinación del terreno y la longitud de la manguera- y se vuelve a marcar el nivel de agua. La diferencia de las dos lecturas se multiplica por dos niveles de agua para obtener el desnivel en el área.

Por ejemplo, en un terreno se colocan los dos soportes juntos y se marca el nivel del agua inicial, el cual está a 100 cm en el estadal; luego se aleja uno de los estadales con la manguera a 15 m y se vuelve a marcar el nivel del agua, que es igual a 15 cm; la diferencia de las lecturas se multiplica por dos, ya que el nivel del agua se distribuye en las dos lecturas. Por lo tanto: $15 \times 2 = 30$ cm de desnivel en 15 m.

Para obtener la pendiente se aplica la siguiente fórmula:

$$S = \frac{100 (dl)}{L} = \frac{100 (0.30)}{15} = 2\%$$

Si la longitud de la pendiente de un terreno es muy amplia, es conveniente hacer varias mediciones con el nivel a lo largo del área con inclinación, y para obtener un valor promedio se suman las diferencias de lecturas, se multiplican por 100 y se dividen entre la longitud total de la pendiente como se indica a continuación:

$$S = \frac{100 \cdot dl}{L}$$

Donde:

S = Pendiente

Sumatoria dl = Suma de las diferentes lecturas en cada medida

L = Longitud total de la pendiente (suma de distancias entre cada lectura).

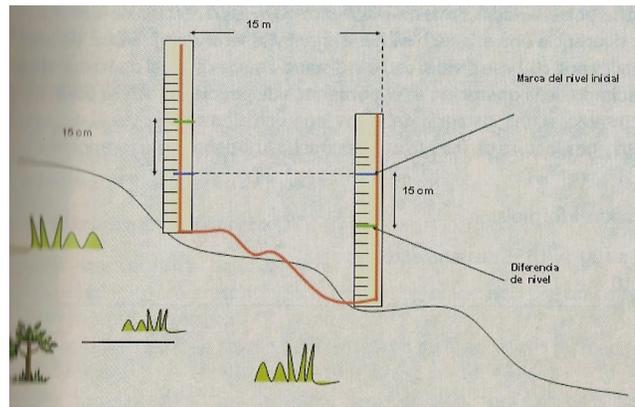


Figura.9. Medición de pendiente con nivel de manguera.

c) Medición con nivel de mano.

Uno de los procedimientos para determinar la pendiente con nivel de mano es el siguiente:

1. Determinar la altura visual del operador.
2. La persona que realizará las lecturas deberá colocarse frente a la pendiente mientras que el estaladero se mueve unos 10 m en dirección de la misma.

3. La diferencia entre la lectura del estadal y la altura de la visual del operador se multiplica por 100 y se divide entre la distancia que existe del operador al estaladero. El resultado de la operación es el porcentaje de pendiente de esa parte del terreno. Por ejemplo, a una distancia de 10 m, con una altura de la visual del operador de 1.60 m y una lectura de 0.30 m en el estadal, se obtiene una diferencia de 1.30 (1.60 -0.30).

Aplicando la fórmula:

$$\frac{1.30 \times 100}{10} = 13\% \text{ de pendiente}$$

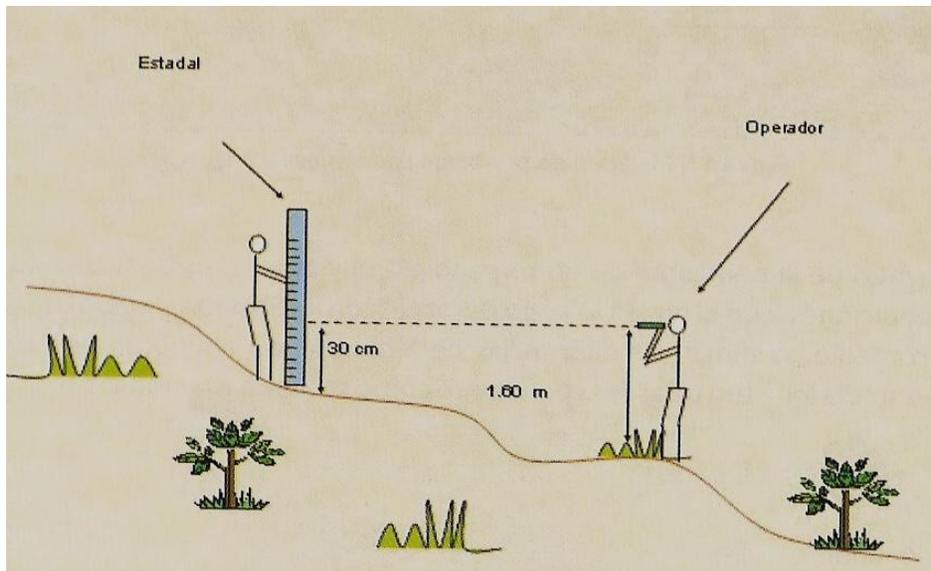


Figura.10. Determinación de pendiente con nivel de mano.

d) Medición de la pendiente usando cartas topográficas.

Otro método sencillo para determinar la pendiente es utilizando las cartas topográficas. Este método es recomendable cuando se tiene que tomar pendientes promedio de áreas muy grandes o que sean de difícil acceso del técnico.

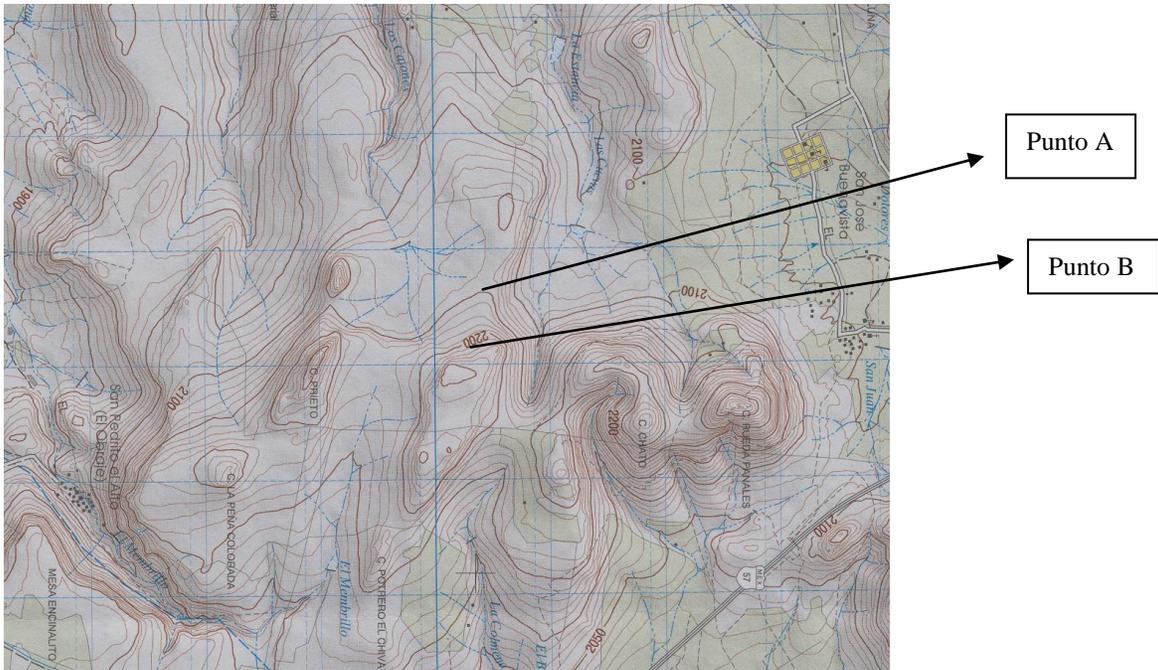


Figura.11. Determinación de pendiente con una carta topográfica.

- 1) Se toman los puntos referenciales sobre el plano.
- 2) Con escalímetro o tomando en cuenta las dimensiones del plano se determina la distancia real entre los 2 puntos.
- 3) Tomando como base las curvas de nivel se determina la diferencia de altura entre ambos puntos y la altura se divide entre la distancia multiplicándose por 100 para obtener el % de pendiente.

4.4.3. Trazos de curvas a nivel.

Una curva a nivel es aquella que tiene puntos con elevaciones iguales sobre el terreno. El trazo de curvas a nivel puede realizarse de manera sencilla y eficiente con niveles de caballete (aparato “A”), de manguera o de mano.

a) Con Caballete Triangular o Aparato “A”.

- b) Se coloca una estaca en la parte alta del terreno.

- c) Se acomoda el aparato "A" en contra de la pendiente, colocando una de las patas del instrumento junto a la estaca.
- d) Se mueve la otra punta o pata hacia arriba o hacia abajo hasta que la plomada o el nivel marque el centro y se entierra otra estaca en ese punto.
- e) El aparato se mueve en dirección del trazo, ubicando la primera pata en la última estaca, y así sucesivamente hasta llegar al extremo del terreno.

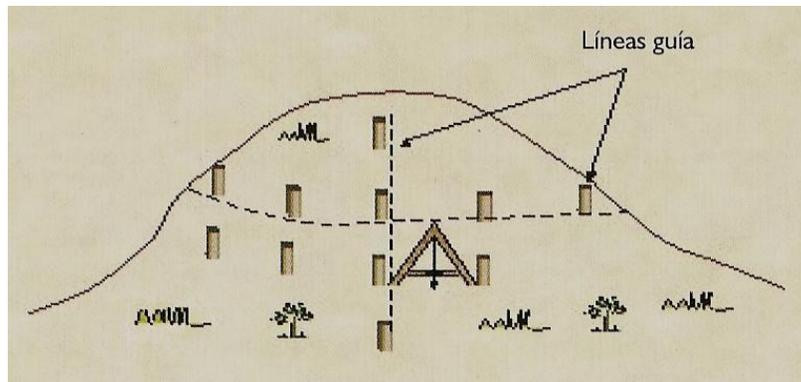


Figura. 12. Trazo de curvas a nivel con aparato "A".

b) Con Nivel de manguera.

- a) Se colocan ambos estadales juntos y a nivel, marcando en los dos el nivel original del agua.
- b) Se mueve uno de los soportes a una distancia de 15 ó 20 metros, según la pendiente del terreno y la longitud de la manguera.
- c) Una vez alcanzada la distancia definida y con la manguera unida a él, se desplaza el estadal hacia arriba o abajo del terreno hasta que la altura del agua en la manguera coincida con el nivel original. Ahí se clava una estaca.
- d) El procedimiento se repite a partir de la última estaca y hasta llegar al punto deseado.

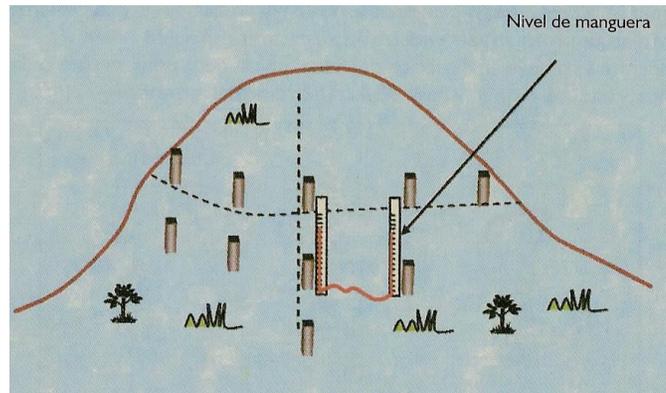


Figura.13. Trazo de curvas a nivel con nivel de manguera.

4.4.4. Cálculo del escurrimiento superficial.

El escurrimiento superficial es un tanto difícil de estimar, ya que no se cuenta con datos suficientes, depende de la cantidad e intensidad de la lluvia, la cobertura vegetal tanto herbácea como arbórea, la rugosidad del terreno, la textura y contenido de materia orgánica del suelo, la pendiente del suelo y el manejo que se le dé a este.

Las curvas numéricas son similares al coeficiente de escurrimiento y fueron obtenidas por el Servicio de Conservación de Suelos, basándose en la observación de hidrogramas procedentes de varias tormentas en diferentes cuencas de los Estados Unidos. Estas curvas dependen del tipo de suelo, condición hidrológica de la cuenca, uso y manejo del suelo, así como de su antecedente condición de humedad.

El cálculo del escurrimiento medio a partir de las curvas numéricas es obtenido mediante las siguientes relaciones:

$$Q = \left(\frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \right)$$

Donde:

Q = Esguerrimiento medio en mm (lámina) para una lluvia determinada.

P = Precipitación en mm.

S = Potencial máximo de retención de humedad en mm, el cual, en mayor medida, depende del suelo.

Esta fórmula sólo es válida si $0.25 < P$, es decir, si la precipitación es mayor que la retención máxima de humedad, ya que si no se cumple esto, la lluvia es retenida por el suelo y por tanto no escurre.

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde:

S = Potencial de retención de humedad.

CN = Curva numérica o número de curva, obtenida de tablas.

El valor de las curvas numéricas está determinado por los siguientes factores:

- a) **Suelo.** El suelo es uno de los factores principales que incide en el esguerrimiento; su contenido de materia orgánica y textura son los factores que inciden mayormente en la infiltración. El United States Department of Agricultura (USDA) tomó en cuenta la clase textural de los suelos y su infiltración básica y los agrupó en 4 clases de suelos.

Cuadro.3. Grupos de suelos de acuerdo a sus características.

Grupos de suelos	Descripción
A	Suelo con bajo potencial de escurrimiento, incluye arenas profundas con muy poco limo y arcilla; también suelo permeable con grava en el perfil. Infiltración básica 8-12 mm/hr.
B	Suelos con bajo potencial de escurrimiento, arenosos menos profundos y más agregados que el grupo A. Cuando húmedo, estos tienen una infiltración mayor que los grupos promedio. Ejemplos: suelos migajones, arenosos ligeros y migajones limosos. Infiltración básica 4-8 mm/hr.
C	Suelos con alto potencial de escurrimiento, comprende suelos someros y suelos con considerable contenido de arcilla, pero menor al del grupo D. Estos tienen una infiltración menor que la promedio después de saturación. Ejemplo: suelos migajones arcillosos. Infiltración básica 1.5 mm/hr.
D	Suelos con alto potencial de escurrimiento como suelos pesados, alto contenido de arcillas expandibles y suelos someros con materiales fuertemente cementados. Infiltración básica menor 1 mm/hr.

Fuente: CONAFOR. 2004.

- b) **Condición hidrológica o cobertura vegetal del terreno.** Este factor considera la cobertura vegetal del terreno, el cual incide directamente sobre la intercepción de la precipitación y la rugosidad que se opone al escurrimiento. Para este factor se determinaron tres clases de cobertura y parámetros para agruparlas de acuerdo al uso del terreno.

Clases de cobertura vegetal

Buena > 75%

Regular entre 50 y 70%

Mala < de 50%

Cuadro.4. Vegetación y condición hidrológica.

Vegetación	Condición hidrológica
Pastos naturales	Pastos en malas condiciones, dispersos, fuertemente pastoreados, con cobertura vegetal en menos de la mitad del área total. Pastos en condiciones regulares, moderadamente pastoreados con cobertura vegetal en la

	mitad o en tres cuartas partes del área total. Pastos en buenas condiciones, ligeramente pastoreados y con cobertura vegetal en más de tres cuartas partes del área total.
Áreas boscosas	Áreas en malas condiciones, con árboles dispersos y fuertemente pastoreados, sin crecimiento rastroero. Áreas en condiciones regulares, moderadamente pastoreadas y con algo de crecimiento. Áreas buenas, densamente pobladas y sin pastorear.
Pastizales mejorados	Pastizales mezclados con leguminosas sujetas a un cuidadoso sistema de manejo de pastoreo. Se considera que tienen buenas condiciones hidrológicas.
Rotación de praderas	Praderas densas, moderadamente pastoreadas, usadas a través de una bien planeada rotación de cultivos y praderas. Se consideran en buenas condiciones hidrológicas. Áreas con material disperso, sobrepastoreado, se consideran en malas condiciones hidrológicas.
Cultivos	En buenas condiciones hidrológicas, se refieren a una buena rotación de cultivos (de escarda, praderas, cultivos tupidos). En malas condiciones hidrológicas se refieren a un manejo de cultivos basado en monocultivos.

Fuente: CONAFOR.2004.

- c) **Uso del suelo.** El uso del suelo es un factor determinante en la estimación del escurrimiento superficial. Por tal motivo se consideran las diferentes prácticas de manejo a que es sometido. Con este último parámetro se compone el cuadro para obtener la curva numérica que se utilizará en la fórmula.

Cuadro.5. Uso de suelo, tratamiento y condición hidrológica.

Uso de suelo	Tratamiento o practica	Condición hidrológica	A	B	C	D
			Curvas numéricas			
Suelo en descanso	Suelos rectos		7 7	8 6	9 1	9 4
Cultivos de escarda	Suelos rectos	Mala	7 1	8 1	8 8	9 1
	Surcos rectos	Buena	6 7	7 8	8 5	8 9
	Curva a nivel	Mala	7 0	7 9	8 4	8 8

	Curva a nivel	Buena	6 5	7 5	8 2	8 6
	Terraza y curva a nivel	Mala	6 6	7 4	8 0	8 2
	Terraza y curva a nivel	Buena	6 2	7 1	7 8	8 1
Cultivos tupidos	Surcos rectos	Mala	6 5	7 6	8 4	8 8
	Surcos rectos	Buena	6 3	7 5	8 3	8 7
	Curvas a nivel	Mala	6 3	7 4	8 2	8 5
	Curvas a nivel	Buena	6 1	7 3	8 1	8 4
	Terraza y curva a nivel	Mala	6 1	7 2	7 9	8 2
	Terraza y curva a nivel	Buena	5 9	7 0	7 8	8 1
Leguminosas en hilera o forraje en rotacion	Surcos rectos	Mala	6 6	7 7	8 5	8 5
	Surcos rectos	Buena	5 8	7 2	8 1	8 5
	Curvas a nivel	Mala	6 4	7 5	8 3	8 5
	Curvas a nivel	Buena	5 5	6 0	7 8	8 3
	Terraza y curva a nivel	Mala	6 3	7 3	8 0	8 3
	Terraza y curva a nivel	Buena	5 1	6 7	7 6	8 0
Pastizales	Sin tratamiento mecánico	Mala	6 8	7 9	8 6	8 9
	Sin tratamiento mecánico	Regular	4 9	6 9	7 9	8 4
	Sin tratamiento mecánico	Buena	3 9	6 1	7 4	8 0
	Curva a nivel	Mala	4 7	6 7	8 1	8 8
	Curva a nivel	Regular	2 5	5 9	7 5	8 3
	Curva a nivel	Buena	6	3 5	7 0	7 9
Pasto de corte		Buena	3 0	5 8	7 1	7 8
Bosque		Mala	4 5	6 6	7 7	8 3
		Regular	3 6	6 0	7 3	7 9
		Buena	2 5	5 5	7 0	7 7
Camino de tierra		Buena	7 2	8 2	8 7	8 9
Caminos pavimentado		Buena	9 0	9 0	9 0	9 0

s						
---	--	--	--	--	--	--

Fuente: CONAFOR.2004.

Ejemplo de cálculo: en un área forestal-ganadera se tiene una cobertura arbórea de 40%; la cobertura superficial con zacatonal es de aproximadamente 60%; el suelo es un andisol mólico de más de un metro de profundidad, franco-arenoso y con un contenido de materia orgánica de 4%. Resumiendo se puede decir que las condiciones del terreno son:

- Bosque ralo.
- Condición hidrológica mala (< 50% de cobertura)
- Tipo de suelo: franco arenoso que corresponde al grupo B.
- Con estos datos se ingresa al Cuadro 5. y se obtiene que el valor de la curva numérico es de 66.

Conociendo el valor de la curva numérica se procede a calcular el valor el potencial máximo de retención de humedad, con las fórmulas siguientes:

$$S = \frac{25400}{66} - 254$$

$$S = 130.85$$

$$Q = \left(\frac{(103.5 - 0.2(130.85))^2}{106.5 + 0.8(130.85)} \right)$$

$$Q = 60.56$$

Este valor quiere decir que con estas condiciones de vegetación y suelo, de los 106.5 mm de lluvia escurrirá una lámina de 30.56 mm. Este valor de escurrimiento e el que se tomará en cuenta para el diseño de las obras de conservación de suelos, considerando, por supuesto, las características particulares en cada una de ellas.

El escurrimiento calculado es propicio cuando existen condiciones de humedad intermedia, aunque el método considera sus tres condiciones –seca, húmeda,

mojada o saturada-, por lo que se deberá ajustar a la condición que se tenga en el terreno. Para ello, se toma en cuenta la precipitación de cinco días previos ala tormenta considerada, utilizando la siguiente tabla:

Cuadro.6. Condiciones de humedad antecedente

Condición de humedad antecedente	Precipitación acumulada de los cinco días previos al evento (mm)
I	0 – 12.7
II	12.7 – 38.1
II	> 38.1

Fuente. CONAFOR.2004.

Para cambiar la condición de humedad se emplea la siguiente tabla.

Cuadro. 7. Condiciones de humedad.

CN para Condición II	CN para Condición I	CN para Condición III
100	100	100
95	87	98
90	78	96
85	70	94
80	63	91
75	57	88
70	51	85
65	45	82
60	40	78
55	35	74
50	31	70
45	26	65
40	22	60
35	18	55
30	15	50
25	12	43
20	9	37
15	6	30
10	4	22
5	2	13

Fuente. CONAFOR. 2004.

Como los números no corresponden exactamente, se debe realizar una interpolación similar a la que se realiza para el cálculo de un periodo de retorno, o bien usar las siguientes fórmulas:

$$CN(I) = \frac{4.2CN(II)}{10 - 0.058CN(II)}$$

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)}$$

4.4.5. Cálculo del escurrimiento máximo instantáneo.

El escurrimiento máximo es indispensable para el diseño de obras de conservación de suelos, como lo son las zanjas derivadoras y las presas de control de azolves.

Usando el escurrimiento medio obtenido mediante el método del Servicio de Conservación de Suelos del USDA, el área de drenaje, la duración del exceso de lluvia y el tiempo de concentración, se puede obtener una buena estimación del escurrimiento máximo instantáneo a través de la siguiente fórmula:

$$Q_p = \frac{0.0021QA}{\frac{1}{2}D + 0.6T_c}$$

Donde:

QP = Escurrimiento máximo (m³/seg).

Q = Escurrimiento medio (mm).

A = Área de drenaje (ha).

D = Tiempo de duración del exceso de lluvia (hr).

Tc = tiempo de concentración (hr).

Para fines prácticos, la duración del exceso de lluvia se puede asumir como el tiempo de duración de la tormenta, y el tiempo de concentración, el lapso que

tarda en llegar una gota de la parte más alta de la cuenca, a su parte más baja o al lugar donde se ubica la obra. Para ello, se calcula el escurrimiento con la ecuación:

$$T_c = 0.02 \frac{L^{1.15}}{H^{0.38}}$$

Donde:

TC = tiempo de concentración en minutos.

L = Longitud de la corriente principal en metros.

H = Diferencia altitudinal entre el sitio más elevado (parteaguas) y la boquilla de la cuenca donde se ubica la obra.

Cuando no sea posible contar con los datos de exceso de lluvia o duración de la tormenta, se puede usar la siguiente fórmula:

$$Qp = \frac{aPA}{360}$$

Donde:

QP = Escurrimiento máximo instantáneo (m³/seg).

a = Coeficiente de escurrimiento (Q/P).

P = Intensidad de la lluvia (mm/hr).

A = Área de drenaje (ha).

360 = Factor de ajuste de unidades.

El coeficiente de escurrimiento se obtiene al dividir el escurrimiento medio calculado, entre la cantidad de lluvia. Para aplicar la fórmula se requiere conocer la intensidad de la lluvia (P) en mm/hr. Para ello, la precipitación se divide entre el tiempo de concentración determinado en la fórmula (Tc).

Ejemplo de cálculo: continuando con el anterior, se sabe que la cuenca tiene un área de 1, 400 hectáreas, la lluvia máxima es de 106.5 mm, la duración del exceso de lluvia es 30 minutos, el cauce tiene una longitud de 13 kilómetros y el

desnivel es de 900 m. Ya se calculó el escurrimiento medio, el cual fue de 330.56 mm.

Ahora, el volumen total escurrido se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$Q_{\text{total escurrido}} = \frac{30.56 * 1400 \text{ ha} * 10,000 \text{ m}^2}{1,000} Q = 427,890 \text{ m}^3$$

Existen otros métodos para el cálculo del escurrimiento medio. Sin embargo, el aquí descrito es el que mejor se ajusta a las características de México, pues hay que inferir datos con los que no se cuenta. (CONAFOR, 2004).

4.4.6. Muestreo de suelos.

Al trabajar en las microcuencas es de suma importancia determinar los tipos de suelos. Para esto, además de la determinación visual en un perfil de suelos es valioso poder tomar muestras de suelo para determinar sus características específicas ya que estas pueden determinar grandemente el manejo que se le va dar a ese suelo o a los suelos.

La muestra de suelo consiste en una mezcla de porciones de suelo (submuestras) tomadas al azar de un terreno homogéneo cuyo procedimiento permite a los agricultores tener un indicador excelente para el uso correcto, tanto de fertilizantes químicos y orgánicos, como de enmiendas, dado a que esta es la manera de evaluar la fertilidad del suelo antes de establecer un cultivo agrícola.

El análisis de suelos será tan bueno como la calidad de las muestras tomadas, pues la muestra enviada al laboratorio, de 1 Kg. Representa millones de kilogramos de suelo, por este motivo, una torna de muestra cuidadosa asegura unos resultados de análisis correctos y de gran utilidad.

Se recomienda muestrear dos meses antes de la siembra o trasplante lo que da tiempo a obtener los resultados, interpretarlos, establecer las recomendaciones y adquirir los insumos a aplicar al suelo si es que estas son necesarias para su corrección. En frutales cada 2 años, alrededor de 1 – 2 meses antes de la cosecha o en la época de floración. Así mismo, al realizar el muestreo, debemos tener a la mano las herramientas, las mismas que deben estar totalmente nuevas y limpias, siendo estas:

- Mapa de la parcela a muestrear
- Barreta, pala
- Cuchillo
- Balde
- Bolsas plásticas limpias
- Marcadores, lápiz
- Hojas para identificar la(s) muestra(s).

Consideraciones a la hora de muestrear.

- a) En un terreno plano la muestra puede representar alrededor de 10 ha, mientras que en un terreno ondulado o inclinado la muestra de suelo representaría 5 ha, pero esto en función de la homogeneidad del terreno.
- b) La muestra de suelos es una “muestra compuesta” que se compone de varias submuestras, debiendo tomar cada lote entre 30 a 40 submuestras al azar y equidistantes entre sí.
- c) Evitar tomar muestras en lugares contaminados, áreas recién fertilizadas, cerca de acequia, cada, estercoleros, saladeros, plantas, silos, caminos, canales, o lugares donde se almacenen productos químicos, o materiales orgánicos, o en lugares donde hubo quemados recientes.
- d) La muestra compuesta (1 kg) representa un terreno homogéneo y no se deben mezclar muestras de terrenos diferentes. La muestra deben de enviarse a un laboratorio de suelos lo más pronto posible, esto en términos prácticos significa 1-2 días como máximo.

Procedimiento de Muestreo.

2. Lávese bien las manos antes de hacer el muestreo y durante ésta evite fumar, comer o manipular materiales contaminantes que caigan a la muestra de suelo.
3. Recorra y delimite la parcela haciendo un plano o croquis sencillo de las superficies más o menos homogéneas, separando la parcela en lotes uniformes de acuerdo con su fisiografía y otras características externas.
4. Una vez que se ha definido los límites de cada lote se procede a tomar las submuestras. Para ello se hace un recorrido sobre el terreno en zig-zag, diagonal, cuadrícula, forma sinuosa, etc. tomando submuestras en cada punto cada 15 a 30 pasos. Antes de la toma de muestra, limpiar el área del punto de muestreo, luego excavar en cada uno de los puntos de muestreo un hoyo de de aproximadamente 30 cm de profundidad.

Recorrido sugerido de muestreo en una parcela con pendiente.

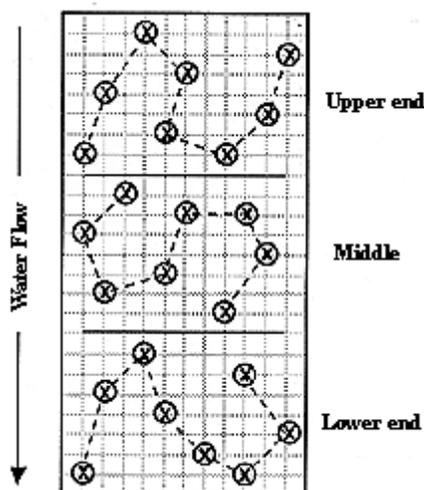


Figura.14. Ejemplo de recorrido para muestrear suelos.

Ref: Ferguson et. al. (S/F) *Guidelines for Soil Sampling*.

5. En cada sitio de muestreo se recomienda remover las plantas y hojarasca fresca (1-3 cm) de un área de 40 cm x 40 cm y luego introducir la pala a la profundidad deseada y transferir aproximadamente 100-200 gr de suelo en un balde plástico limpio. Las herramientas deben limpiarse después de tomar cada submuestra. Si se usa una pala, se puede hacer un hueco en forma de "V" y luego tomar de una de las paredes una porción de 10 x 10 x 3 cm. para transferir al balde. Realizar esta operación en cada uno de los puntos y extraer el mismo volumen de suelo para las submuestras.
6. Se debe remover piedras, raíces gruesas, lombrices e insectos del suelo. Las porciones de suelo se desmenuzan con la mano. Al final las submuestras se van mezclando en el balde hasta completar el número total de submuestras deseado. Posteriormente se transfiere 1 Kg. De suelo a una bolsa plástica limpia.
7. Mezclar y homogeneizar bien las 20 o 30 submuestras.
8. Luego de tener todas las submuestras en el balde (de 15 a 20 por ha) se mezclan homogéneamente y se toma 1 Kg.

aproximadamente. Esta es la muestra compuesta requerida para el análisis. Se puede tomar entre 15 a 20 submuestras pero lo ideal es entre 30 y 40 submuestras.

9. Depositar la muestra en doble bolsa plástica y colocar una etiqueta de modo que quede entre las dos bolsas al medio. Los datos que deben anotarse en la etiqueta para identificar la muestra son:

- Nombre del propietario o razón social.
- Lugar de toma de muestra
- Extensión del terreno
- Cultivo anterior (rendimiento)
- Tipo de fertilizante utilizado
- Cultivo a sembrar
- Fecha
- Observaciones.

Como seleccionar la profundidad de muestreo.

El muestreo superficial es utilizado para determinar el pH del suelo, los requerimientos de arcilla, de materia orgánica, de fósforo, potasio, azufre y zinc. Generalmente la capa superficial o la capa arable se considera de 0 a 15 cm o de 0 a 20 cm de profundidad. Si se muestrea a más profundidad se van a reducir los datos de los análisis en cuanto a materia orgánica, fósforo y zinc. Los niveles de potasio y el pH probablemente se incrementen, se disminuyan o permanezcan similares a las otras pruebas.

Es importante tomar muestras a la misma profundidad cada año para que se puedan relacionar y comparar.

4.4.7. PRACTICAS ESTRUCTURALES

Son todas aquellas obras que implican la construcción de una estructura permanente con el fin de evitar la escorrentía, reducir la velocidad del agua de lluvia, evitar y corregir la formación de cárcavas y finalmente evitar la erosión. Generalmente se utilizan como prácticas ya correctivas aunque sería recomendable que se fomentaran como obras preventivas.

Todas las obras requieren de la realización de un proyecto sencillo antes de la construcción para asegurar la estabilidad y eficiencia de las mismas.

Dentro de las prácticas estructurales las presas de control de azolves son las principales obras para el control de la erosión en cárcavas, consisten en estructuras de distintos materiales colocadas transversalmente al flujo de la escorrentía. Las presas mas usadas son las de piedra acomodada, estas presas se recomiendan hasta 3 metros de alto, se considera que para presas de hasta dos metros la base es de 1.5 veces la altura al vertedor y para presas mayores de 2m la base será de 1.75 veces la altura.

Existen presas de distintos materiales y se debe buscar la más adecuada de acuerdo a las características de las cárcavas, los costos de construcción y el material disponible en la región.

Cuadro.8. Diferentes criterios para definir el tipo de presa a utilizar para el control de azolves.

Tipo	Tamaño de la cárcava	Altura máxima (m)	Propósito	Costo	Otras características
Ramas	Pequeñas	1	Detener azolve	Bajo si hay vegetación en la zona	Fácil de construir, poco durable
Morillos	Pequeñas y angostas	3	Detener azolve	Bajo en áreas forestales	Apropiado para zonas forestales
Malla de Alambre	Pequeñas y angostas	1.5	Detener azolve	Relativamente bajo	Fácil de transportar y construir
Piedra Acomodada	Pequeñas y angostas	3	Detener azolve	Moderado	Recomendable donde hay piedra
Gaviones	Cualquier tamaño	>3	Detener azolve	Alto	Alta durabilidad y eficiencia (Cálculo ingenieril)

Cabe hacer mención que todas estas obras pueden ser apoyadas por el Programa PIASRE (Programa Integral de Agricultura Sostenible, Reconversión Productiva y Zonas Frágiles) el cual se tramite desde las Direcciones Regionales de la SEDEA (Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado).

4.4.7.1. Clave. EARS.

Aumento de rugosidad superficial.

Definición: Es el aumento de la rugosidad o aspereza del terreno en pendientes, lo cual se logra con surcado al contorno o dejando las pendientes sin suelos finos preparados.

Propósito: El propósito de lograr la rugosidad de la superficie es ayudar al establecimiento de cubiertas vegetales por semilla, reducir la velocidad de escurrimiento, incrementar la infiltración, reducir la erosión y proveer de trampas de sedimentación. Esta práctica se recomienda para la estabilización de laderas pronunciadas por la apertura de nuevos caminos.

Condiciones: Todas las pendientes con una inclinación superior a 3:1 necesitan de un aumento de la rugosidad superficial, ya sea implementando escalones o haciendo surcos al contorno, si la intención es estabilizarlas con vegetación. En áreas con gradientes menores de 3:1 se debe de aumentar ligeramente la rugosidad de la superficie a una profundidad de 5 a 10 cm antes de la siembra. Las pendientes con superficies estables de rocas no requieren de una mayor rugosidad. Según Navarro et. al. (2000) la rugosidad del suelo evita la erosión por el agua de lluvia, independientemente de la textura del suelo.

Criterios de diseño: Las áreas de ladera con superficies planas y lisas dan la falsa impresión de un trabajo bien hecho. Es difícil que se establezca la vegetación en estas superficies por la poca infiltración del agua y el potencial de erosión. Las superficies rugosas de suelo con rocas dejadas en el sitio pueden hacerlo ver inapropiado o sin terminar, pero incrementan la infiltración, el establecimiento de vegetación y disminuye la velocidad de los escurrimientos.

Las superficies rugosas con suelos sueltos proveen de limo, fertilizante y semillas para una cobertura natural. Los nichos en estas superficies rugosas proveen de

microclimas que generalmente aportan mayores niveles de humedad y menores temperaturas que en superficies lisas. Esto favorece la germinación.

Hay diferentes métodos para lograr una mayor rugosidad en pendientes, y la selección del método apropiado depende del tipo de pendiente. Los métodos incluyen el hacer escalones, surcos contrapendiente y perforaciones.

Hacer los escalones es un método muy recomendable en suelo que contengan grandes cantidades de rocas suaves. Cada escalón recibe material que resbale de arriba y provee de una superficie lisa para el establecimiento de la vegetación.

Cuando se tiene erosión en la cara del talud, debida sobre todo a los escurrimientos superficiales podrá prevenirse revegetando el talud, ya sea con tapas de pasto, enredaderas o con plantas nativas de la región, pero también existen una serie de productos especialmente diseñados para ello, las geomembranas, las cuales pueden ser biodegradables, fotodegradables, orgánicas o inorgánicas. Puede usarse también el concreto lanzado, algún bloque prefabricado, tabique, adobe, adocreto, Ecomuro, Ecocreto, enredaderas, etc. Puede usarse todo lo anterior de manera combinada, lo cual conlleva a soluciones efectivas y agradables a la vista.

Especificaciones de construcción: En pendientes mayores de 3:1 se recomienda hacer los escalones o según la Figura 15.

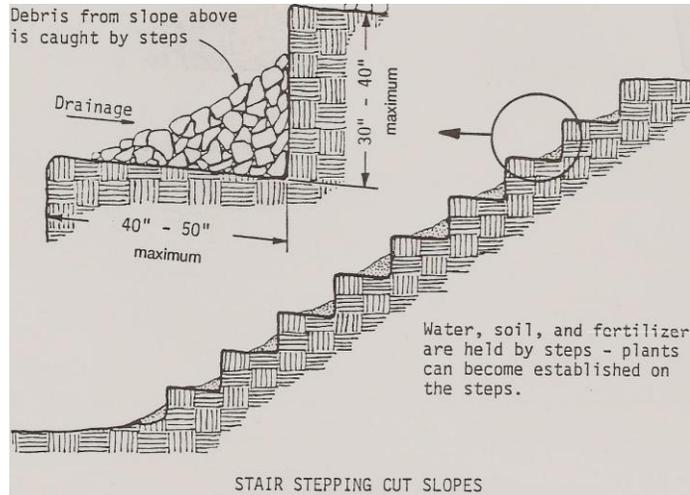


Figura.15. Ejemplo de acumulación de sedimentos al aumentar la rugosidad.

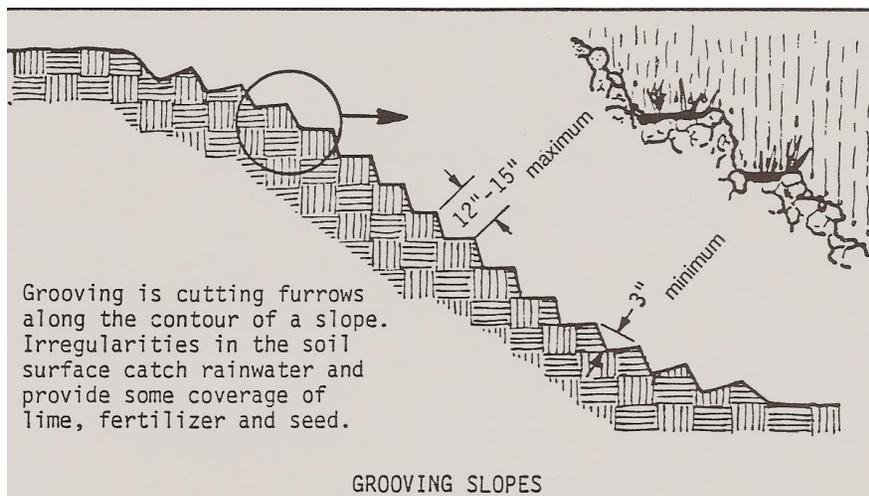


Figura. 16. Como aumentar la rugosidad superficial.

Los escalones se pueden realizar a mano o con un ripper. Los cortes verticales individuales no deben de ser más de 30 pulgadas en tierras suaves y no mas de 40 pulgadas suelos pedregosos.

El surcado consiste en utilizar maquinaria para lograr una serie de lomas y depresiones perpendiculares a la pendiente. El surcado se puede realizar con implementos adecuados que puedan ser utilizados en las pendientes y no causen demasiada compactación. Los implementos sugeridos pueden ser: discos,

rototillers, cinceles. Estos surcos no deben de tener una separación mayor de 35 cm y no más de 7.5 cm de profundidad.

En prácticas de bioingeniería como esas se puede reforzar el aumento de rugosidad con la utilización de plantas vivas para adicionarle extra resistencia al suelo. Los cortes vivos (ramas) deben de colocarse en agua por al menos 24 horas antes de ser usados. Esto no solamente proporciona la humedad necesaria a los cortes, sino que también promueve el enraizamiento. Se pueden utilizar también plantas establecidas con anticipación en el vivero. (Ver sección sobre materiales vegetativos recomendables para el Estado de Querétaro en el Anexo 3).

4.4.7.2. Clave. EPR.

Presa de ramas.



Figura. 17. Presa de ramas

Definición: Son pequeñas estructuras construidas con ramas entrelazadas en forma de barreras que se colocan en sentido transversal a la pendiente para controlar la erosión en cárcavas.

Propósito: Es controlar la erosión al reducir la velocidad de escurrimiento, retener los azolves y así reducir la erosión hídrica y detener el crecimiento de cárcavas pequeñas. Este tipo de presas permiten la acumulación de sedimentos favorables para el establecimiento de cobertura vegetal.

Condiciones: Se recomienda para cárcavas pequeñas en zonas boscosas o en zonas de matorrales donde se pueda acceder a ramas fácilmente, (ramas, troncos, producto de podas) por ejemplo en el Municipio de Amealco, Huimilpan, Pinal de Amoles, San Joaquín.

Criterio de Diseño: Cuando se utilicen presas de ramas es conveniente que se integren algunas prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, afine de taludes, presas de piedra acomodada, de morillos, reforestación, zanjas derivadotas de escorrentías, entre otras. Así mismo, se recomienda plantar especies vegetales fáciles de adaptar a cada región, sobre los sedimentos depositados aguas arriba de las presas. La altura total de la barrera de ramas no deberá de exceder 1 metro, ya que no tiene la estabilidad necesaria para soportar cargas de sedimentos y agua mayores.

Especificaciones de construcción: Es importante asegurar su estabilidad por lo que su construcción se debe iniciar con la excavación de una zanja transversal a la cárcava, con medidas de 30 cm de ancho x 30 cm de profundidad, ampliando la longitud de la zanja hacia los taludes de la cárcava.

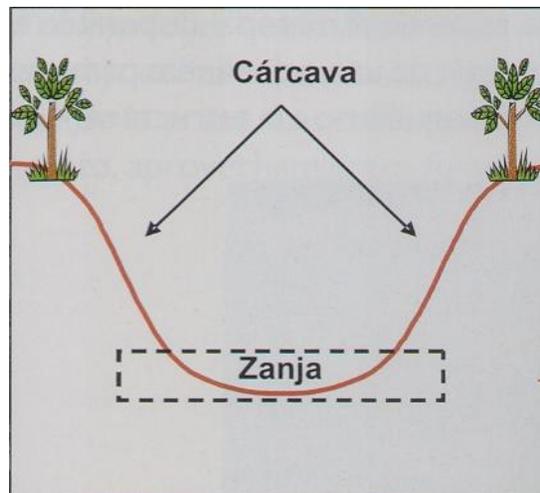


Figura.18. Sección transversal de una cárcava y área de corte para zanja.

Posteriormente a la construcción de la zanja, se debe colocar una hilera de estacas base en forma transversal a la cárcava. Se aconseja que éstas sean mayores de 1.5 m de largo y 10 cm de diámetro en promedio, y que se anclen al suelo a una profundidad de 50 cm aproximadamente, tratando de que queden firmes.

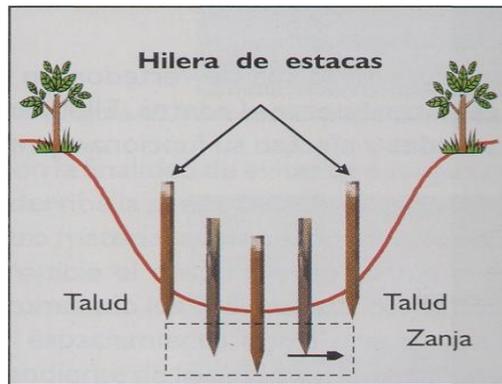


Figura.19. Colocación transversal de hilera de estacas.

Después de fijar la hilera de estacas base, se debe proceder a formar la barrera, colocando en la zanja construida primero las ramas de mayor longitud, diámetro y peso y procurando que queden insertadas firmemente para lograr mejor estabilidad de la estructura. Posteriormente se colocan ramas flexibles entrelazadas entre sí y adheridas a la hilera de estacas base mediante el uso de alambre y otro material útil para la estructura que deberá quedar empotrada, por lo menos, a 0.20 m en las áreas laterales de la cárcava para evitar el socavamiento. El diseño de presa de ramas se puede adaptar de acuerdo al material disponible en cada lugar. La hilera de estacas base se puede constituir de una o dos líneas paralelas. Este método tiene la ventaja de proporcionar mayor equilibrio a la estructura.

Para evitar que el agua que se vierte abajo socave el fondo de la cárcava y derribe la presa, se recomienda construir un delantal con ramas, troncos, piedras y otro material acomodado en el fondo de la cárcava. Es también conveniente que se propicie el desarrollo de pastos o especies forestales en el área donde se hayan acumulado los sedimentos, con la finalidad de estabilizar la cárcava con mayor éxito.

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva y la pendiente de la cárcava. La fórmula utilizada para estimar la distancia entre presas es la siguiente:

$$P = \frac{H}{E} \times 100$$

Donde:

E= Espaciamiento entre presas en metros.

H= Altura efectiva de la presa, es decir, la altura del vertedor

P= Pendiente de la cárcava en %.

Si se considera una cárcava con 10% de pendiente y 2 m de largo, la altura efectiva de la presa será de 0.6 m y la distancia entre presas de 6m.



Figura.20. Diseño de presa de ramas en cárcavas.

Mantenimiento: Se deben de realizar inspecciones periódicas para asegurarse del funcionamiento correcto de las presas, sobre todo después de lluvias fuertes. En casa de haber algún socavamiento hay que repararlo de inmediato.

4.4.7.3. Clave. EPM.

Presas de morillos (de troncos).



Figura. 21. Ejemplos de presas de morillos.

Definición: Son estructuras conformadas con postes o troncos, las cuales se usan temporalmente y se construyen en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales en cárcavas pequeñas y angostas para el control de azolves.

Propósito: Es reducir la velocidad de escurrimiento, retener azolves, propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal que estabilice el lecho de la cárcava, proteger obras de infraestructura rural, tales como presas hidráulicas, bordos parcelarios, bordos de abrevadero, ollas de agua, caminos y puentes y también para retener la humedad. Este tipo de obra es también una herramienta para detener el crecimiento de cárcavas, sobre todo en zonas forestales o donde no se tiene acceso a piedra en el lugar.

Condiciones: El tamaño de la cárcava debe ser pequeño, menores a los 5 metros, donde aún sea posible detener su crecimiento con prácticas sencillas y de bajo costo. Debe de haber material (postes o troncos) disponible en la localidad ya que si se tiene que comprar vuelve esta práctica sumamente cara. Se recomiendan para cárcavas con pendientes máximas de 35%.

El control de la cárcava debe de realizarse de la parte alta hacia abajo para detener el proceso erosivo, recomendándose construir la primera presa a 1 metro de donde inicia la cárcava.

La altura total de la estructura no debe de exceder de 1.5 m y el área de aporte de escurrimientos no debe exceder las 10 has.

Criterio de Diseño: Como práctica previa, es conveniente realizar cabeceo de cárcavas para evitar su crecimiento aguas arriba y suavizar taludes. Los materiales de construcción pueden provenir de productos obtenidos en aprovechamientos forestales, incendios, podas o residuos de material muerto.

El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo con la altura efectiva y pendiente de la cárcava; normalmente se recomienda construir una presa con separación cabeza-pie:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E= Espaciamiento entre presas en metros.

H= Altura efectiva de la presa, es decir, la altura del vertedor

P= Pendiente de la cárcava en %

En cárcavas que presenten 10% de pendiente, la separación entre presas debe ser de 10 m aproximadamente. Cabe señalar que la distribución espacial calculada no se debe aplicar estrictamente, ya que en campo se debe dar prioridad a sitios cuyas características sean más apropiadas para su construcción. De esta manera, una presa podrá moverse uno o dos metros con relación al dato estimado.

Especificaciones de construcción: Se inicia colocando una hilera de postes o morillos separados cada 0.80 m, en sentido transversal a la cárcava y anclados al suelo a una profundidad aproximada de un metro. Estos postes deberán medir, preferentemente, 2.5 m de largo y 10 cm de diámetro.

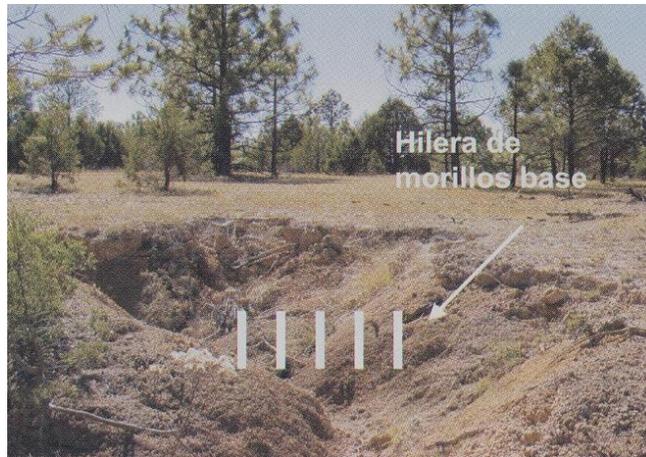


Figura.22. Establecimiento de hilera de morillos base.

Una vez colocada la hilera de morillos se procede a construir una zanja de 30 cm de profundidad y 40 cm de ancho, paralelo y cercano a la fila de morillos que servirá para empotrar la presa.

Posteriormente se colocan morillos a lo largo de la zanja excavada, sujetando uno sobre otro con la ayuda de alambre, clavos u otro material resistente para fijar la presa. Por ser más sencilla de construir, la forma más usada es la rectangular. Sin embargo, se pueden adoptar otras formas como las trapezoidales, las cuales brindan mayor resistencia.

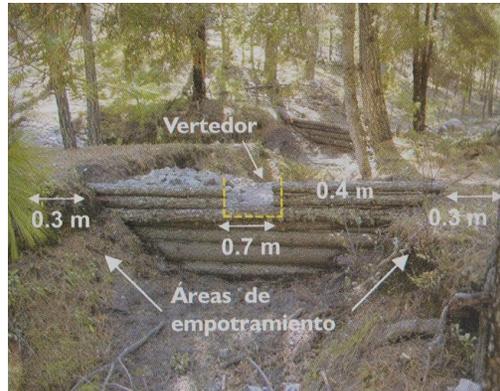


Figura. 23. Colocación transversal de morillos y formación del vertedor en una presa.

El empotramiento o anclado de morillos en las partes laterales de la cárcava deberá quedar asegurado de tal manera, que se evite que los escurrimientos que pasan por la cárcava socaven las partes laterales de la presa y afecten su funcionamiento. Las medidas utilizadas par el empotramiento transversal van de 30 a 40 cm en promedio en cada lado. Es conveniente que la altura efectiva de las presas de morillos no sea mayor de 1.2 m.

Se recomienda compactar el suelo circundante a la presa de morillos establecida y colocar el material obtenido de la zanja aguas arriba para proporcionar mayor estabilidad a la estructura. Es importante también realizar un corte en la parte central del muro para formar un vertedor que controle el flujo de agua.

En la práctica las dimensiones recomendables para formar el vertedor son de un tercio de la longitud transversal de la presa y una altura promedio de 30 a 40 cm. Por ejemplo si la presa tiene una longitud de 2m, el vertedor tendrá aproximadamente 70 cm de ancho por 30 a 40 cm de alto.

Con el fin de proteger el fondo de la cárcava de la erosión hídrica provocada por la caída del agua que pasa por el vertedor y mantener la estabilidad de la presa, se recomienda construir, aguas debajo de la presa, un delantal con piedra

acomodada o morillos empotrados a 10 o 15 cm de profundidad. La construcción del delantal no requiere el uso de materiales específicos y medidas estrictas; sin embargo, se deben preferir aquellos que no sean fáciles de arrastrar por las corrientes de agua. Si se cuenta con trozos de morillos, es conveniente que éstos se anclen bien al suelo y queden lo suficientemente sujetos para evitar que se deslicen a lo largo de la cárcava. Cuando se usan piedras, se recomienda que éstas sean mayores de 15 cm.

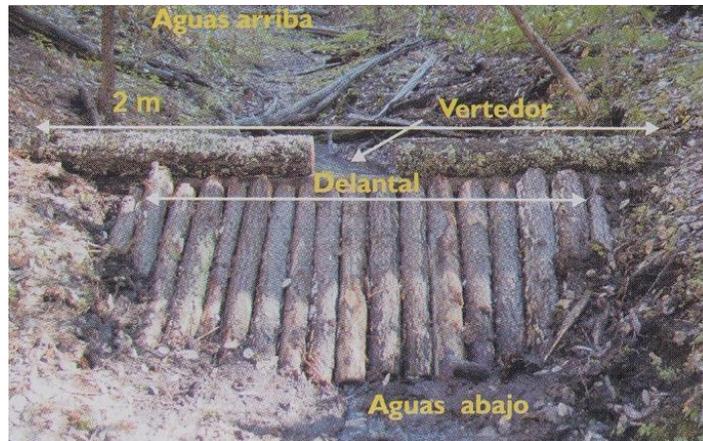


Figura. 24. Vista frontal del delantal en una presa de morillos.

Si la pendiente de la cárcava es menor del 15%, el delantal deberá ser, en promedio, de 1.5 m de largo, pero si ésta es mayor, se recomienda que el delantal sea de 1.7 m de largo.

Mantenimiento: Se deben de realizar inspecciones periódicas para comprobar el funcionamiento de la presa. Si hay mucho azolve acumulado, es recomendable retirarlo para garantizar el buen funcionamiento de la misma. También es importante revisar cualquier indicio de que la presa se esté socavando para repararla.

4.4.7.4. Clave. EPA.

Presas de piedra acomodada.



Figura.25. Ejemplos de presas de piedra acomodada.

Definición: Son estructuras construidas con piedras acomodadas, las cuales se colocan transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utilizan para el control de erosión de cárcavas. Esta práctica es una de las más utilizadas para el control de azolves en cárcavas, debido a la facilidad de su construcción y a la disponibilidad de material que requiere en casi todas las localidades.

Propósito: Esta estructura es una práctica de conservación de suelo que se instala en cárcavas o en canales como un medio de recuperación de sedimentos y para evitar que los sedimentos azolven obras de almacenamiento de agua como ollas de agua o jagüeyes, bordos de abrevadero, bordos agrícolas y presas.

Condiciones: Las presas de piedra acomodada se recomiendan en cárcavas con pendientes máximas del 35%. La altura total de la estructura no debe de exceder de 1 metro y la piedra que se utilice deberá proceder de bancos de piedra y no de lugares que presenten problemas de erosión por la extracción de material.

Los resultados de la aplicación serán más efectivos si se integran otras prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, afine de taludes, reforestación, zanjas derivadas de escorrentía, terrazas, protección de caminos, entre otras.

Criterio de Diseño: Para construir presas de piedra acomodada se deben identificar previamente los sitios donde se ubicarán, así como considerar la disponibilidad de piedra en dicha zona. El procedimiento general para realizar la obra consta de los siguientes pasos:

- a) Diseño
- b) Cimentación o empotramiento
- c) Construcción del muro
- d) Diseño del vertedor
- e) Construcción del delantal
- f) Distribución en campo

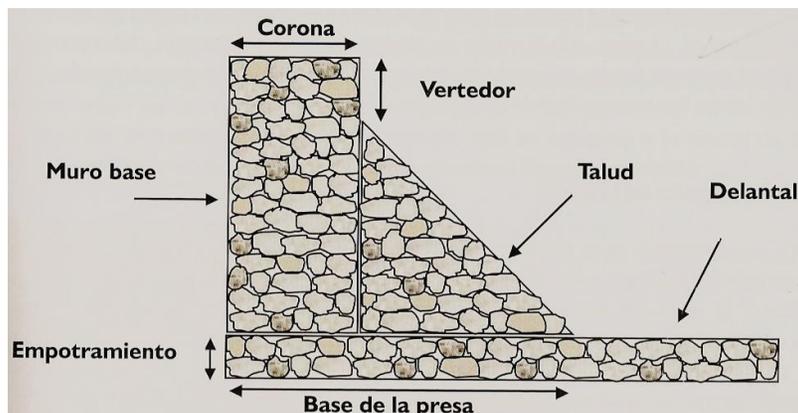


Figura. 26. Partes que constituyen a una presa de piedra acomodada.

Especificaciones de construcción:

- a) Diseño: Las dimensiones de una presa de piedra acomodada dependen de la pendiente o grado de inclinación que presente la cárcava, así como de la profundidad y cantidad de escurrimientos superficiales.

La obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen, ya que son estructuras pequeñas. En promedio, miden entre 1.2 m y 2 m de altura, por lo que en caso de presentarse cárcavas de mayor dimensión, sólo se

construirán hasta este límite. En cuanto a su ancho, deberán ubicarse de preferencia en sitios no mayores de 4 m.

- b) Cimentación o empotramiento: Primero se tiene que hacer una zanja en el fondo y partes laterales de la cárcava para obtener el llamado empotramiento o cimentación. Dependiendo de las dimensiones de la presa, se establece la profanidad de la zanja, cuya altura se recomienda sea de un tercio de la presa y con un ancho ligeramente mayor que el grosor de esta misma.

Se recomienda extremar medidas de seguridad en la construcción de estas presas cuando se trata de suelos de textura gruesa o arenosa, o en aquellos donde se presenten grietas en sus taludes. Si se construyen presas en piedra de 0.70 m de grosor por 0.90 m de alto, entonces las medidas de la zanja serán de 1.35 de ancho.

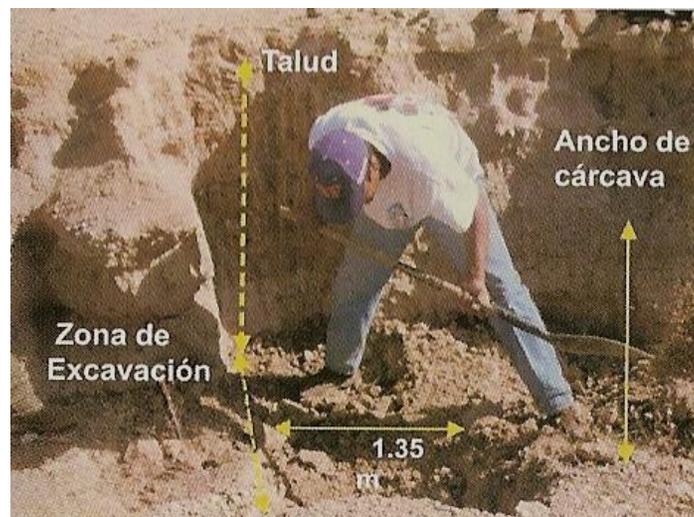


Figura.27. Secciones de excavación para empotramiento de la presa en una cárcava.

Es conveniente que el fondo de la zanja esté bien nivelado para evitar deslizamientos del material. Durante el acomodo de piedras para la cimentación, debe procurarse que el material quede colocado lo más estable posible. Cuando se trata de “piedra bola” debe de buscarse el ángulo de reposo. Esto se refiere a que la piedra quede bien asentada y haya los menos espacios vacíos posibles.

- c) Formación de la presa: Consiste en el acomodo de piedras para formar una barrera o trinchera que servirá para controlar la erosión en cárcavas, así como para filtrar el agua de escurrimientos y retener azolves. Los métodos de construcción dependen del tipo de piedra que se disponga. Si las piedras son tipo “laja” o planas, sólo se acomodan unas sobre otras siguiendo las dimensiones iniciales para formar una barrera de la misma anchura y con paredes rectas y estables.

En cambio, si se cuenta con piedra “bola” redondeada, se recomienda manejarla de acuerdo a su forma, es decir colocar la parte de mayor peso hacia abajo (como se encuentran de manera natural en el suelo). La roca o piedra que se utilice debe ser preferentemente de tipo basalto o de cantera, ya que éstas son las que tienen mayor peso y dureza, pero también es posible aprovechar otros materiales disponibles. No es conveniente usar piedras que se desintegren o desmoronen fácilmente y sean de bajo peso, debido a que pueden ocasionar la destrucción de la presa.

Con el fin de lograr que la barrera retenga la mayor cantidad de sedimentos y funcione como presa filtrante, debe procurarse que entre las piedras acomodadas no queden espacios grandes y que sean cubiertos con piedras pequeñas. La primera etapa en la construcción de una presa es la formación de un muro o trinchera de un metro de ancho en promedio, que

se extiende a lo ancho de la cárcava abarcando los taludes laterales excavados para el empotramiento.

- d) Diseño de vertedor: Durante la construcción del muro base debe formarse el vertedor, el cual es una sección rectangular sin piedras que sirve para controlar el paso de los volúmenes de agua; puede consistir en una sección más baja que el resto de la presa, ubicada en la parte central de la estructura o ligeramente a un costado de ésta, por donde pase la corriente principal.



Figura. 28. Diseño del vertedor en una presa de piedra acomodada.

- e) Construcción del delantal: Para proteger el fondo de la cárcava de la erosión hídrica provocada por la caída del agua que pasa por el vertedor y mantener la estabilidad de la presa, se recomienda construir un delantal con piedra acomodada aguas abajo.
- f) Espaciamiento: El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo a la altura efectiva y pendiente de la cárcava. Normalmente se recomienda construir una presa con separación pie-cabeza. La fórmula para estimar el espaciamiento entre presas es la siguiente:

$$E = \frac{H}{P} \times 100$$

Donde:

E= Espaciamiento entre presas en metros.

H= Altura efectiva de la presa, es decir, la altura del vertedor

P= Pendiente de la cárcava en %

La distribución espacial calculada no debe aplicarse estrictamente con las medidas estimadas, ya que en campo, deben localizarse los sitios más apropiados para su construcción y en algunos casos deberá recorrerse la presa a un lugar más angosto, recto o en donde capte la mayor cantidad de azolves.

Mantenimiento: Es importante hacer revisiones periódicas para controlar el adecuado funcionamiento de las presas y evitar socavamientos. Es conveniente plantar especies forestales en los terraplenes que se van formando con la acumulación de sedimentos.

4.4.7.5. Clave: EPC.

Presas de costales.

Definición: Son arreglos de costales (sacos o bolsas de rafia (fibra)) ordenados en forma de barreras o trincheras que se colocan en sentido transversal al flujo de la corriente, simulando una presa para el control de la erosión de cárcavas.

Propósito: Controlar la erosión hídrica, reducir la velocidad de escurrimiento y detener azolves, logrando con esto reducir la erosión hídrica, estabilizando el fondo de las cárcavas y al detener los azolves favorecen la acumulación de sedimentos y desarrollo de especies vegetales.

Condiciones: Las presas de costales se recomiendan en cárcavas cuyas pendientes sean de 35%, en combinación con otras prácticas de conservación de suelos, como cabeceo de cárcavas, afine de taludes, zanjas derivadoras de escorrentía, presas de ramas, presas de morillos y presas de piedra acomodada entre otras.

Otra condición para la utilización de esta práctica es que no se consigan a precios razonables los otros materiales como morillos o piedras.

Criterio de Diseño: Las presas de costales se recomiendan en cárcavas menores de 1.5 m de profundidad y con pendientes máximas del 35%. En cárcavas con pendientes de 10% a 35% es conveniente construir una zanja de un metro de ancho x 0.40 m de profundidad, en forma transversal a la cárcava, para insertar en ella la primera fila de costales.

Para cárcavas pequeñas (menores de un metro), con pendientes menores al 10%, no se requiere formar zanjas para empotrar la presa; es suficiente despallar el fondo de la cárcava donde se establecerá la estructura.

Con la finalidad de brindar mayor resistencia a la estructura de costales, se recomienda colocar, en la parte de aguas debajo de la cárcava, una hilera de

estacas como respaldo a la barrera. El suelo extraído en la construcción de la zanja se puede utilizar para compactar la base de la presa.

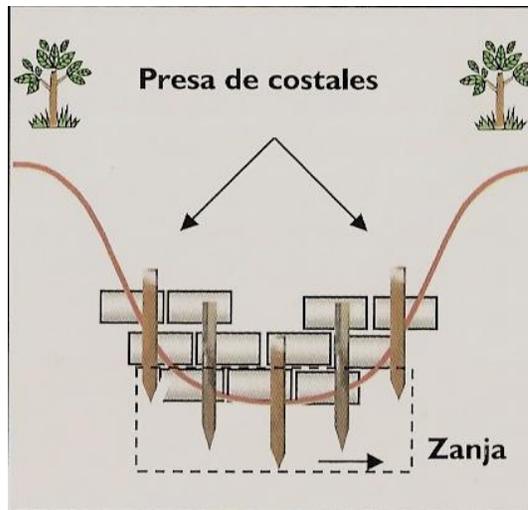


Figura. 29. Colocación de estacas en presas de costales.

Los costales se llenan de tierra, suelo o arena, que se debe de poder obtener de áreas cercanas al lugar donde se realizará la práctica. En el proceso de extracción de suelo se debe cuidar de no provocar erosión y/o promover la formación de cárcavas.

Los sacos que se utilizan son de tela plástica flexible y representan un producto reciclable después de haberse utilizado como envases de semillas, de fertilizantes o de otros productos. Las medidas promedio de estos costales son de 60 cm de largo x 40 cm de ancho y con una capacidad de 50 kg en promedio. En caso de que los costales sean de agroquímicos y fertilizantes tóxicos, hay que asegurarse que estén bien lavados y limpios para que no se conviertan en un medio de contaminación.

Especificaciones de construcción: Durante la formación de la presa se debe procurar que se coloquen los costales llenos de tierra en forma intercalada para promover mayor estabilidad en la barrera; los arreglos de costales se pueden

adaptar de acuerdo a la cantidad de material con que se cuente y a criterio del constructor.

La estructura se puede formar colocando en el primer nivel dos costales paralelos, a continuación dos costales de manera perpendicular y así sucesivamente hasta cubrir el ancho de la cárcava. El siguiente nivel se colocan encima y de manera opuesta a como se colocó en la parte inferior.

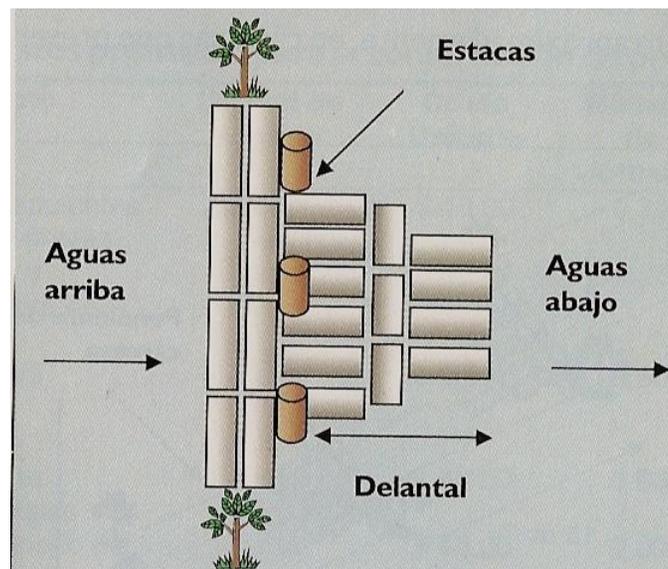


Figura. 30. Diseño de presa de costales con delantal. (Vista horizontal).

El manejo de unidades de costal permite el diseño de presas de las dimensiones que se deseen, de tal manera que se pueda ampliar el ancho de la barrera formando escalones para conseguir mayor resistencia. Al construir el muro de costales, se debe formar, al centro de la barrera, el vertedor para evitar que las corrientes de agua impacten a los taludes y afecten su funcionamiento. Se considera que veinte costales forman 1 metro cúbico.

Una medida importante que se debe considerar en el diseño de la presa de costales es la elaboración de un delantal o estructura de protección en el fondo de la cárcava aguas abajo, lugar en donde vierte la corriente de agua que, al impactarse, puede provocar deslaves y desequilibrios en la barrera. Durante la

construcción del delantal es conveniente intercalar hileras de costales en forma vertical y horizontal en el fin de evitar deslizamientos.

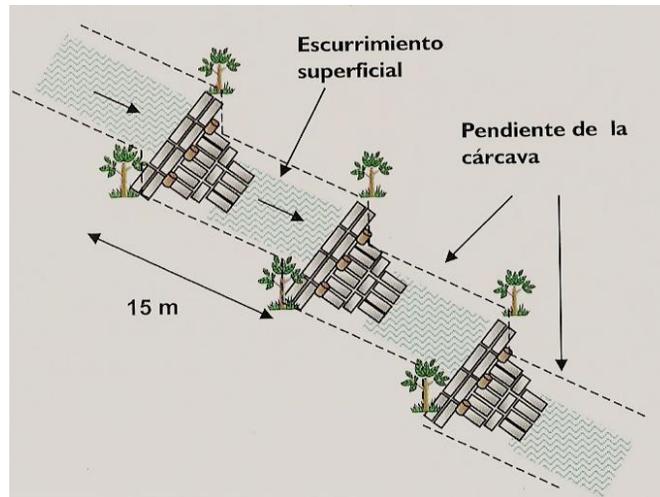


Figura. 31. Distribución espacial de presas de costales en una cárcava.

Una vez terminada de armar la presa y de haber colocado todos los costales es recomendable “pintar” o cubrir todos los costales con una mezcla de chapopote para lograr que tengan una mayor vida útil.

Mantenimiento Es conveniente hacer inspecciones a las presas de costales periódicamente, sobre todo después de lluvias intensas para controlar su correcto funcionamiento. En caso de haber algún socavamiento es importante corregirlo de inmediato para evitar que la cárcava crezca.

También es conveniente sembrar o plantar especies vegetales en la zona de acumulación de sedimentos para promover la mejor estabilización del fondo de la cárcava. Véase en el capítulo de Plantas Nativas (Anexo 3), para la conservación de suelos las especies que se pudieran utilizar para una determinada microcuenca.

Se recomienda proteger la barrera de costales, del paso de ganado y otros factores que desgasten las fibras que los integran y con ello demeriten su funcionamiento.

4.4.7.6. Clave. EPLL.

Presas de llantas.

Definición: Son barreras o trincheras formadas con llantas de desecho, colocadas de manera transversal al flujo de la corriente de las cárcavas para el control de azolves. Es una práctica que todavía no es muy común, pero por la disponibilidad del material, debería de ser más utilizada. Se tiene una presa de llantas en la comunidad de San Pedro, Municipio de Huimilpan que ha funcionado excelentemente. (Muñoz, 2006).

Propósito. Controlar la erosión, reducir la velocidad de escurrimiento, detener los azolves. Estas características reducen la erosión hídrica, estabilizan el fondo de las cárcavas y favorecen la acumulación de sedimentos para el establecimiento de especies vegetales.

Esta práctica es recomendable en lugares donde las cárcavas no sean tan grandes y donde sea difícil o muy costoso conseguir piedras para hacer las presas filtrantes.

Condiciones: Es recomendable combinar las presas de llantas con otras prácticas de conservación de suelos, como el afine de taludes, cabeceo de cárcavas, reforestación, presas de piedra acomodada, presas de ramas, zanjas derivadoras de escorrentía, etc.

Criterio de Diseño: Las presas de llantas se recomiendan para el control de cárcavas pequeñas con pendientes máximas de 35%; su altura no debe ser mayor a 1.5 m, y el escurrimiento superficial de la cuenca no debe ser de gran volumen.

Especificaciones de construcción: Es importante ubicar los sitios donde se construirán las presas para estimar las dimensiones de las cárcavas y calcular los volúmenes de material que se requieren. El proceso de construcción de presas de llantas comprende los siguientes pasos:

- a) Cimentación: Cuando las cárcavas presentan pendientes del 10% al 35% es conveniente construir una zanja transversal a la cárcava para insertar en ella llantas que servirán como base de la estructura. En cárcavas con inclinaciones menores al 10% es suficiente despallar el suelo donde se construirá la estructura.

El tamaño de la zanja dependerá de las medidas de llanta que se dispongan, así como de la dimensión de las cárcavas: si éstas son de 2 m de ancho, la zanja se construirá aproximadamente de 2 m de largo, 0.6 m de profundidad y del ancho necesario que permita el acomodo de dos hileras de llantas.

- b) Formación de la presa. En cárcavas mayores a 2 metros de ancho, se recomienda colocar dos hileras de llantas; si son menores a 2 metros y con inclinación moderada funcionan adecuadamente con una sola hilera. La construcción de presa consiste en acomodar llantas de desecho previamente rellenas de tierra (para lograr mayor resistencia), en contra el flujo de la escorrentía. Es conveniente que las partes laterales de la estructura queden insertadas en los taludes de la cárcava.

Durante el proceso de formación de la presa es recomendable colocar las llantas llenas de tierra en forma intercalada para dar mayor estabilidad a la estructura.

En regiones tropicales donde se presentan suelos arcilloso, se recomienda colocar estacas en la parte de aguas abajo, o bien entre las llantas, para evitar deslizamientos de los neumáticos y mal funcionamiento. Debido a que las corrientes de agua impactan directamente sobre las paredes de la presa y ocasionan desequilibrios o destrucción de la estructura, se recomienda formar el vertedor entre las mismas llantas para controlar el paso del flujo.

Una actividad importante que debe considerarse en el diseño de la presa de llantas es la elaboración de un delantal o estructura de protección, mismo que deberá colocarse en el fondo de la cárcava aguas abajo para

amortiguar el impacto del agua que cae al fondo de la cárcava y evitar deslizamiento o destrucción de la barrera.

El delantal se puede construir con piedras u otro material disponible, cuidando que quede fijo en el fondo de la cárcava y no sea arrastrado fácilmente por la corriente de agua que cruza por la presa.

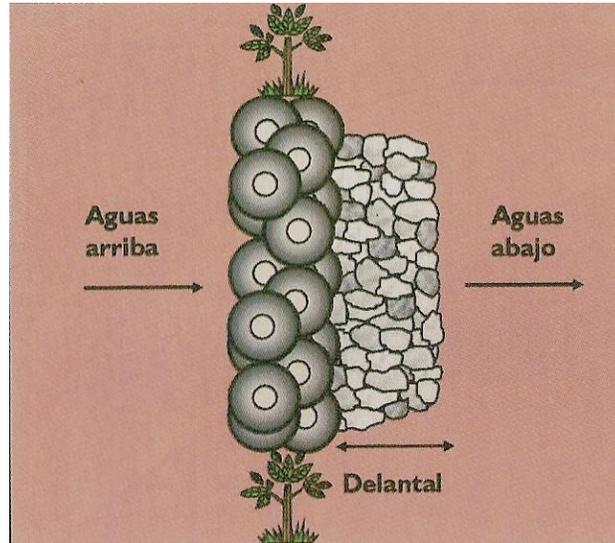


Figura. 32. Diseño del delantal de una presa de llantas.

Para lograr el buen funcionamiento de la obra es conveniente que la altura efectiva de las presas de llantas no exceda los 1.5 m Si se dispone de material vegetal muerto como: ramas o troncos, productos de incendios, podas o aprovechamientos forestales, en la zona donde se realizan las obras, puede emplearse para rellenar el fondo de las cárcava.

- c) Distribución: El espaciamiento entre presas se calcula de acuerdo a la altura efectiva (altura del nivel del suelo a donde inicia el vertedor), y pendiente (inclinación) de la cárcava. La fórmula utilizada para estimar la distancia entre presas es la siguiente:

$$E = \underline{H} * 100$$

P

Donde:

E = espaciamiento entre presas en metros

H = Altura efectiva de la presa en metros

P = Pendiente de la cárcava en porcentaje.

A medida que la pendiente o inclinación de la cárcava sea mayor, la distancia entre presas de llantas será menor. Utilizando esta fórmula sería de 6.6 m en cárcavas que presentan un 15% de pendiente en promedio y una altura de 1 m.

Comúnmente, las distancias entre presas de llantas se ajustan de acuerdo a las condiciones de cada lugar (tipo de suelo, cantidad y velocidad del escurrimiento, entre otras).

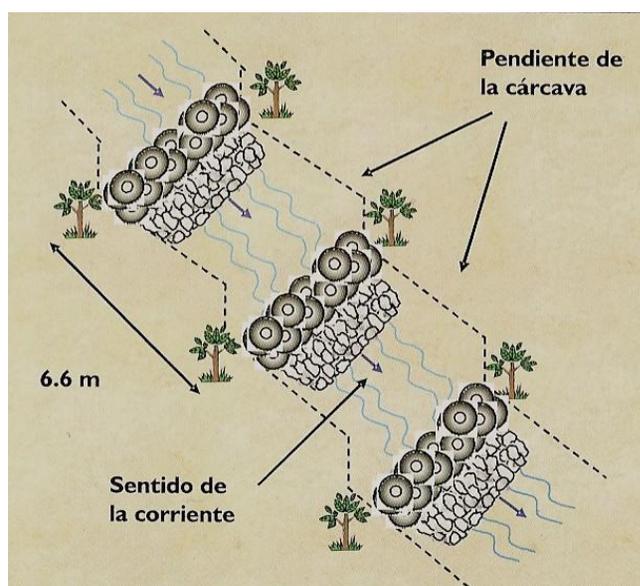


Figura. 33. Distribución espacial de presas de llantas en una cárcava.

Mantenimiento: Se recomienda establecer especies vegetales sobre los azolves retenidos aguas arriba de cada presa, para estabilizar la cárcava en el menor tiempo posible.

Es recomendable hacer supervisiones frecuentes especialmente después de fuertes lluvias para controlar el funcionamiento de la presa y ver si no tiene algún socavamiento, que en caso de haberlo hay que remediar de inmediato para asegurar la presa.

4.4.7.7. Clave. ETFS.

Terrazas de formación sucesiva.

Definición: Las terrazas de formación sucesiva o paulatina son terraplenes que se forman por el movimiento del suelo entre los bordos de tierra. Estos detienen el suelo que proviene del área entre terrazas, construyendo un canal de desagüe aguas abajo del bordo (pendiente abajo).

Propósito: El objetivo de las terrazas de formación sucesiva es el de reducir la erosión hídrica, interceptando los escurrimientos superficiales y así propiciar la formación de terrazas. Adicionalmente retienen los azolves, favorecen una mayor retención de humedad lo que también favorece el desarrollo de especies forestales y de vegetación natural, reducen el contenido de sedimentos en las aguas de escorrentía, desalojan las excedencias de agua superficial a velocidades no erosivas y mejora la superficie de los terrenos, acondicionándola para las labores agrícolas.

Condiciones: Se recomienda aplicar esta obra en terrenos de más de 5% de pendiente y hasta 35% (pendientes mayores dan un espaciamiento muy corto, hay mucho movimiento de tierra y ya no son tan recomendables). La construcción de terrazas de formación sucesiva es factible bajo cualquier régimen pluviométrico, debido a que el bordo se puede construir a nivel o considerando una pendiente de desagüe.

Los campos con pendientes uniformes que no tienen cambios bruscos de inclinación ni barrancos profundos, son por lo general los más fáciles de disponer en terrazas.

Criterio de Diseño: En suelos permeables y con pendiente uniforme, los bordos se pueden ampliar a longitudes de 500 m y funcionan adecuadamente. En terrenos que presentan cárcavas y pendiente irregular, la longitud de los bordos no debe exceder de 200 m.

Las terrazas de formación sucesiva se recomiendan en zonas con degradación ligera o moderada y son muy efectivas para controlar la erosión y conservar la humedad; es conveniente reforestar con especies vegetales sobre el bordo y entre terrazas, lo cual proporcionará un medio adecuado para controlar la velocidad de escurrimiento del canal de desagüe y evitar la erosión.

Los suelos extremadamente pedregosos no permiten una construcción práctica y económica de las terrazas con maquinaria; sin embargo, su construcción es factible en áreas donde existe disponibilidad de mano de obra.

Si el agua procedente de un campo colindante, escurre hacia el campo al que se le van a construir terrazas, deben hacerse ciertos arreglos para el manejo del agua. Cada terrazas puede contener solamente una cantidad determinada de agua, y en lugares donde debe disponerse también del agua de un campo colindante puede hacerse necesaria la construcción de una terraza más grande, del tipo de derivación, en la parte más alta del campo.

Especificaciones de construcción: El proceso de construcción de terrazas de formación sucesiva consta de las siguientes actividades:

- a) Pendiente del terreno: Para estimar la pendiente en un terreno se puede utilizar el “aparato A” o “nivel de mano”: se traza una curva a nivel y se coloca una línea guía de estacas en la parte alta del área.
- b) Espaciamiento entre terrazas: Para determinar los espacios entre terrazas se debe considerar la pendiente del terreno como un elemento importante, la cantidad de lluvia que se presenta en la región, la dimensión de las áreas donde se aplicará la práctica y los implementos agrícolas disponibles.

El espaciamiento entre terrazas se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$IV = \left(\frac{2 + P}{3 \text{ ó } 4} \right) \times 0.305$$

Donde:

IV = Intervalo Vertical (cm)

P = Pendiente

3 = Si la precipitación es menor de 1,200 mm de lluvia al año.

Este sería el caso para el estado de Querétaro.

4 = Si la precipitación es mayor de 1,200 mm de lluvia anuales.

0.305 = Factor de corrección de unidades.

Otra manera de calcularlo consiste en determinar la pendiente del terreno y aplicarle la fórmula siguiente:

$$IV = P(\text{en } \%) \times 15 + 60$$

La cifra resultante de esta ecuación es el intervalo vertical entre terrazas indicado en centímetro. Por ejemplo, si la pendiente del campo es del 6%, multiplicado por 15 da 90 y, agregándole 60, suma 150, que indica un espaciamiento a desnivel vertical de 150 cm.

El intervalo horizontal se estima de la siguiente manera:

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

Donde:

IH = Intervalo Horizontal (m)

P = Pendiente del terreno (%)

100 = Factor de conversión.

Cuando las pendientes sean mayores del 25%, el movimiento de tierra debe ser bastante alto, para lo cual se pueden construir al doble del espaciamiento calculado.

- c) Señalar con estacas la primera terraza: Por regla general, la primera terraza que se deja señalada con estacas es la más alta, tomándose como punto de partida la divisoria de aguas para medirle desnivel vertical correspondiente a la primera terraza. La primera de las estacas colocadas a intervalos de 15 metros deberá estar de 20 a 25 cm más arriba del punto de descarga de aguas de la terraza, según sea la inclinación que se haya escogido.



Figura.34. Trazado de las pendientes de una terraza de formación sucesiva.

- d) Inclinación de la terraza: Colóquese estacas cada 15 metros. Dése a la terraza una inclinación uniforme, comprendida entre 30 y 50 cm de desnivel por cada 10 m de longitud de aquella.
- e) Construcción: La construcción de terrazas consiste en mover tierra de tal modo que quede formado un lecho y un bordo que puede cruzarse con maquinaria agrícola ordinaria.

El método que se ha de emplear viene determinado por el equipo de que se dispone, así como por la pendiente y naturaleza del suelo. Por ejemplo, en las pendientes más suaves, en las que se construyen terrazas de sección transversal más ancha, se puede mover algo de tierra desde el lado más bajo. En pendientes con más del 5 ó 6 % de desnivel es preferible el método hacia un solo lado.

La primera terraza que debe construirse es la más elevada, y después de ésta y por turno cada una de las sucesivas, pendiente abajo. La terraza más elevada no sólo debe construirse primero, sino que tiene que estar bien construida, debido a que de ella depende la seguridad de las terrazas situadas más abajo.

La formación de la terrazas inicia con la construcción de un bordo a través del uso de maquinaria, equipo de tracción animal, en forma manual (con pico y pala) o de manera combinada, de acuerdo con las condiciones del lugar y recursos disponibles. La profundidad y ancho de corte dependerán de la profanidad del suelo y de la pendiente del terreno. En áreas con pendientes menores al 10% y suelos profundos los cortes pueden ser de 40 cm de altura x 60 cm de ancho. La formación del bancal se logra al labrar la tierra aguas abajo y sobre elevando constantemente el bordo de contención. Se puede reforestar o sembrar tanto en el bordo como en medio de la terraza.

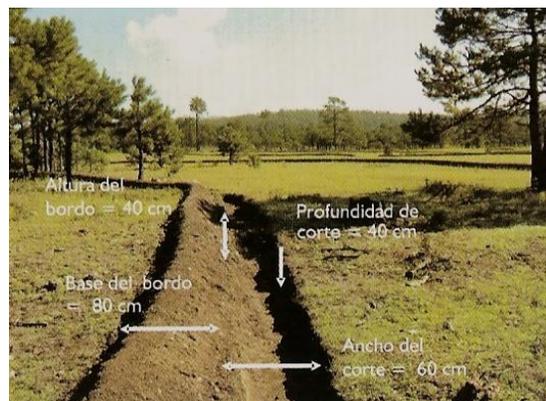


Figura. 35. Construcción de bordo para terrazas de formación sucesiva.

- f) Distribución de terrazas: La distribución de bordos para terrazas de formación sucesiva en una hectárea con pendiente debe ser, en promedio, de 20 m entre bordos y con un total de cinco bordos por hectárea. La longitud del bordo se puede extender hasta 300 m, pero deberá incrementar su altura para lograr mejor funcionamiento.

Mantenimiento: Hay que observar el funcionamiento de las terrazas, preferentemente durante una lluvia fuerte para observar la escorrentía y hacer correcciones una vez que este seco el terreno. También es importante observar si el material que se sembró ha prendido y valorar la necesidad de resembrar.

Habrán zonas donde probablemente el agua desborde las terrazas. Ahí habrá que evaluar si se aumenta la profundidad del bordo o se intercala otra terraza para ayudar a la absorción del agua.

Recomendaciones agronómicas: Cuando se trabaja la tierra dispuesta en terrazas, ya sea para cultivos en surcos, ya sea de siembra a voleo, todos los implementos de cortes, tales como discos, cultivadoras, deberán funcionar siguiendo las curvas de nivel, tomando la terraza como guía para comenzar la labor.

La siembra se realiza en el lado pendiente arriba de la terraza más elevada. No se debe de pasar la sembradora sobre el bordo de la terraza, porque si se hace así, se causarán dificultades para las labores posteriores de cultivo. Cabe comentar que en terrenos cuya pendiente sea menor de 6%, las terrazas se pueden construir anchas y, por lo tanto, la maquinaria podrá cruzarlas casi en cualquier ángulo.

En general la recolección debe hacerse en sentido contrario a como se hizo la siembra (de abajo para arriba, y cosechando primero las zonas de surcos largos)

4.4.7.8. Clave. EPG.

Presas de gaviones.

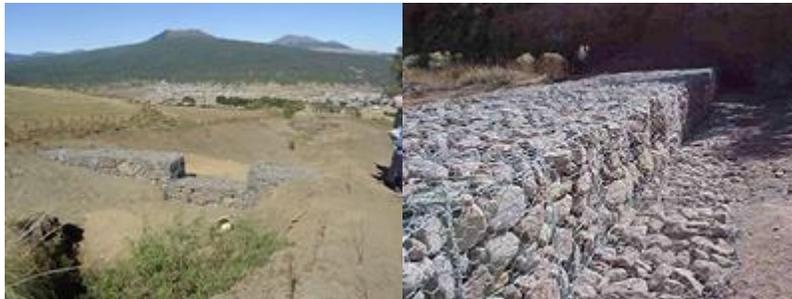


Figura. 36. Ejemplos de presas de gaviones.

Definición: Los gaviones son cajas largas, multicelulares de malla soldada de alambre de triple torsión, rellenas de piedras, utilizado en el revestimiento de canales, en la retención de muros, represas, etc.

Propósito: Las presas de gaviones se utilizan generalmente en cárcavas con dimensiones mayores a los 2 m de ancho y 1.5 m de profundidad. Estas presas no se recomiendan en cárcavas con dimensiones menores, dado su alto costo, además de requerir un cálculo de ingeniería específico. Los gaviones también son utilizados para estabilizar pendientes muy empinadas o altamente erosivas.

Criterio de diseño: El plano de construcción y los dibujos deben de ser preparados por profesionales que estén familiarizados con el uso de gaviones. El control de la erosión y de la sedimentación del diseño de construcción deben de asegurar que los cimientos están preparados apropiadamente para recibir los gaviones, que la estructura del gavión está asegurada correctamente a los cimientos y laterales de la superficie y que la roca utilizada sea durable y de tamaños adecuados para ser mantenidos por las cajas.

Hay algunos puntos que son importantes considerar al decidir utilizar una presa de gaviones como son:

- a) Llenado un gavión: el gavión es normalmente relleno con piedras de tamaño de una mano (aprox.de 7 a 12 cm), que deben de ser acomodadas de la mejor manera posible. El gavión relleno se convierte en un bloque de construcción grande, flexible y permeable con lo que se puede construir una gran variedad de estructuras. Esto se logra al acomodar y unir cada uno de los bloques con alambre en arroyos, llenándolos en el lugar de la construcción.
- b) Resistencia a la oxidación: La malla de los gaviones debe ser galvanizada. En condiciones altamente erosivas se recomienda un recubrimiento adicional con PVC arriba del galvanizado.
- c) Flexibilidad: Una ventaja sobresaliente del gavión es su flexibilidad. Esta propiedad es especialmente importante cuando se construye en suelos inestables o en arroyos donde las olas o la corriente puedan socavar el gavión.
- d) Durabilidad: Los gaviones son durables porque soportan el crecimiento de las plantas que se desarrollan como una cobertera viva entre la malla y las piedras. Frecuentemente la caja de alambre solo se requiere los primeros años de vida de la estructura, porque los espacios entre las piedras individuales se llenan de tierra, sedimento y raíces que fungen como agente de cementación entre las piedras.
- e) Fuerza: Cajas de alambre de acero tienen la fuerza y la flexibilidad de soportar fuerzas generadas por masas de tierra y agua. También la permeabilidad de la estructura del gavión le permite absorber y disipar mucho de la energía desarrollada en el proceso.
- f) Permeabilidad: Cabezas hidrostáticas no se desarrolla agras de una pared de gaviones. El muro es permisivo al agua y estabiliza la pendiente con la acción combinada de drenaje y retención. El drenaje se logra por gravedad y por evaporación ya que la estructura porosa permite una activa circulación de aire a través de ella. En la

medida que el crecimiento de las plantas invada la estructura, la transpiración ayuda a remover la humedad de la sedimentación. Este sistema es mucho más eficiente que las paredes de escurrimiento con paredes de concreto.

Es importante señalar que el tipo de roca es el que le da firmeza y peso a la presa; por ejemplo, una presa de las mismas dimensiones es más pesada si ésta construida con basalto que con cantera; por lo tanto, se debe considerar qué material se utilizará.

Cuando se construya una presa o un sistema de gaviones, debe considerarse la protección de taludes para poder estabilizar totalmente la cárcava.

En ocasiones es conveniente que la infiltración a través del muro sea lo más pequeña posible para impedir que la estructura llegue a ser socavada. Esto se puede evitar colocando gravas o telas de material sintético (geotextil) por debajo de la estructura.

Especificaciones de construcción:

- a) Altura: La altura efectiva de la presa es la de la base al vertedor, por lo que tanto se debe considerar la profundidad de la cárcava para no sobrepasarla al colocar la hilada que formará el vertedor; para esto se deben considerar las dimensiones de los gaviones, mismos que se reportarán más adelante.

- b) Espaciamiento: El espaciamiento entre las presas depende de la pendiente de la cárcava, de la altura de la presa y del objetivo a cumplir. Si éste es estabilizar la cárcava, las presas se colocarán con el criterio de “doble espaciamiento”, y no como en ocasiones que se realizan bajo el criterio “pie-cabeza”, lo cual, por su alto costo y durabilidad, nos hace incurrir en erogaciones innecesarias. Considerando que por regla general los sedimentos retenidos por la presa presentan una pendiente, la cual varía de acuerdo con el material sedimentado y la pendiente de la cárcava, el

distanciamiento puede ser bajo el criterio de “pie-cabeza). Para arenas gruesas mezcladas con grava, la pendiente es del 2%; para sedimentos de textura media, de 1%; y para sedimentos finos limosos arcillosos del 0.5%. De esta forma, el espaciamiento entre presas sería igual a:

$$E = (H/PcPs) 100$$

Donde: E= Distancia entre dos presas consecutivas, (m).
H= Altura efectiva de la presa, (m)(al vertedor)
Pc= Pendiente de la cárcava
Ps= Pendiente estable del sedimento, varía entre 0.5 y 2%.

En caso de que la pendiente de los sedimentos sea muy baja o nula, la fórmula que se debe utilizar es $E = (H/Pc) 100$

Una vez obtenido este dato, lo que aplica es colocar una presa sí, y otra no, lo que comprende el criterio de doble espaciamiento.

- c) Cimentación. Es importante que se realicen la cimentación y el empotramiento de la presa, tanto en el fondo de la cárcava, como en su talud, ya que esto impide que se flanquee la estructura y se socaven los taludes. Cuando la presa es de dimensiones grandes (más de 3m de altura), el empotramiento se debe realizar hasta encontrar roca o piso firme, o bien, si es un suelo muy profundo, hasta 1 m como mínimo. En el caso de los taludes debe ser de 0.5 a 1 m. Para realizar la cimentación es necesario que se conozca el ancho de la base de la presa; para ello se requiere de asesoría especializada, ya que emplea datos de equilibrio de fuerzas (del agua, peso de los gaviones, peso del sedimento, supresión, empuje del suelo, entre otros).
- d) Vertedor: El vertedor debe ser capaz de conducir el gasto máximo, ya que la mayoría de las veces se convierte en uno de los principales problemas. Para hacer un buen diseño de éste, es necesario primeramente considerar si se trata de una cuenca pequeña o grande. La forma de calcular el

escurrimiento máximo se reporta en el Capítulo 4.4.5. De manera general se puede mencionar que la fórmula utilizada para vertedores rectangulares es:

$$Q = C L H^{3/2}$$

Donde:

- Q = Gasto máximo (m³/s)
- C = Coeficiente de descarga
- L = Longitud del vertedor (m)
- H = Carga hidráulica (m)

Con fines prácticos, se puede considerar que dependiendo del tamaño de la presa será el alto del vertedor; se recomienda de 0.3 para presas < 2m de alto, de 0.5 m para presas > 3m < 4 m y de 1 m para presas > 4 m de alto; todos por un tercio del largo de la presa.

- e) Colchón hidráulico o delantal: Este protege la caída del agua del vertedor hacia la cárcava. En el caso de las presas de gaviones, el delantal está conformado por una hilera de estos terminados en un escalón de salida o colchón hidráulico.
- f) Construcción de las presas de gaviones: Existen diferentes tamaños de gaviones (en largo, ancho y alto), así como diferentes tamaños de malla y grosores de alambre. Los tamaños más comerciales de gavión son los que se presentan en el siguiente cuadro. En cuanto al grosor del alambre que forma la malla, éste deberá ser proporcional al tamaño de la malla. Las medidas más usuales también se enlistan a continuación.

Cuadro. 9. Tamaños comerciales de gaviones

Dimensiones Largo, Ancho, Alto en m.	Capacidad (m³)
2 x 1 x 0.3	0.6
3 x 1 x 0.3	0.9

4 x 1 x 0.3	1.20
2 x 1 x 0.50	1.0
3 x 1 x 0.50	1.5
4 x 1 x 0.5	2.0
2 x 1 x 1	2.0
3 x 1 x 1	3.0
4 x 1 x 1	4.0
3 x 1.50 x 1	1.5

Fuente: CONAFOR. 2004, Macaferri, Lemac.

Cuadro. 10. Dimensiones comerciales de alambre en diámetro

Diámetro del alambre (mm)	Tamaño de la malla (cm)
2	5*7
2.4	8*10
3	12*14

Fuente: CONAFOR,2004., Macaferri, Lemac.

En caso de que se trate de un conjunto de presas a lo largo de la cárcava, una vez determinado el distanciamiento entre presas, se debe marcar la ubicación de cada una de ellas sobre dicha cárcava, no necesariamente marcando la medida exacta, esta puede variar algunos metros, buscando siempre la parte más estrecha y más recta de la cárcava, con el fin de optimizar recursos.

Para cada presa se tendrán que seguir los siguientes pasos:

1. Se desempacan y despliegan cada uno de los gaviones, desdoblado uno a uno, y procurando lograr una homogeneidad en la estructura.
2. Se comienza a armar el gavión, uniendo los extremos con alambre galvanizado y cuidando que queden en escuadra para darle una forma rectangular.
3. En el sitio donde se coloque el gavión, inicialmente se deberá abrir un cimiento perpendicular a la dirección de la cárcava, de donde habrá de sujetarse el gavión. Las dimensiones de la cimentación dependerán del tamaño de la presa, pero por lo general deberán llegar hasta donde se encuentre roca o bien un cajón de gavión. De los costados deberá medir, aproximadamente, entre 0.5 y 1 m.

4. Una vez armado el gavión, se traslada para ser colocado en la zanja abierta para el cimiento. Ahí se unen los gaviones entre sí antes de ser llenados, y se conforma una sola unidad. Dicho amarre se realiza con alambre.
5. Una vez colocados y unidos los gaviones de la primera hilera, se procede al llenado de éstos con piedra. Esta se debe ir colocando por capas para que tenga el mejor acomodo posible.
6. Conforme se rellena el gavión con la piedra, se deberán colocar tensores del mismo alambre galvanizado dentro del gavión, a $1/3$ y $2/3$ de la altura del gavión, respectivamente; así mismo, en oposición a las caras se deberán de colocar dos tensores por línea.
7. Al colocar la piedra es muy importante que esta esté compacta y con el menor número de huecos posibles para dar el mayor peso específico a la obra sin sobrepasar el límite del gavión. Si es necesario, se deberán rellenar los huecos que queden con piedras de menor tamaño. Para rellenar los armazones se utilizan piedras de poca calidad, de desecho, o las que comúnmente se encuentran cerca del sitio de la obra.
8. Una vez puesto y relleno el primer gavión, se colocan los siguientes uniéndolos al anterior con alambre galvanizado. Así se hacen todas las hiladas que sean necesarias en la presa, dependiendo de sus dimensiones.
9. Finalizado el relleno se procede a cerrar el gavión con la tapa lateral y se amarran con alambre galvanizado. Para cerrar las tapas, se auxilia con una barra para hacer palanca y para que la tapa llegue a la cara del gavión. Se hacen entonces puntos de amarre cada 30 cm aproximadamente, y en seguida se cose a lo largo del mismo.

10. Es necesario que se construya un delantal o talud aguas debajo de la presa para evitar que el agua que pase por el vertedor llegue al suelo directamente y provoque que se socave la cárcava incrementando su profundidad. Este acomodo de gaviones igualmente, se debe cimentar unos 30 cm.
11. Es necesario recordar que se debe dejar espacio del vertedor, pues es éste un elemento importante debido a que está en contacto directo con la corriente de agua. Para ello, se deja una tercera parte del largo de la presa sin gavión.

Mantenimiento: Se deben de realizar inspecciones periódicas para vigilar signos de socavamiento o excesiva erosión en zonas de transición.

Proveedores:

- Gaviones Lemac S.A. de C.V.
Morelos 1300 Nte. Ramos Arizpe, Coah., México CP 25900.
Pagina Web: www.lemac.org.mx, E-Mail: gaviones@lemac.com.mx
Tel. (01 844) 488-0181/ 488 0182
Lada sin Costo 01 800 713 46 88
- MACAFERRI de México S.A. de C.V.
Parque Industrial Querétaro Km 28.5
Carretera Querétaro-San Luís Potosí, Av. San Pedrito No 119, CP 76220
Santa Rosa Jáuregui, Querétaro.
Tel: 01(442) 22 943 00
Página Web: www.maccaferri-mexico.com
Lada sin costo: 01 800 6723482

4.4.7.9. Clave. EZD.

Zanjas derivadoras de escorrentía.

Definición: Desde el punto de vista de conservación de suelos, las zanjas desviadoras se construyen aguas arriba de la cárcava, con una sección lo suficientemente amplia para controlar y desalojar el agua de escorrentías de los caminos, de las parcelas o de las cárcavas. Estas funcionan interceptando el agua y la conducen hacia lugares donde no provoquen daños, como son: lagos, arroyos o cárcavas estabilizadas. Este tipo de zanjas es muy importante en la protección de caminos.

Propósito: Interceptar el agua de la escorrentía y conducirla a velocidades no erosivas. Disminuir la velocidad del agua de escurrimiento, lográndose con esto reducir el crecimiento de las cárcavas y disminuir la erosión hídrica. Las derivaciones son muy útiles y apropiadas para desviar el agua, alejándola del comienzo de una cárcava torrenciosa a un terreno de agostadero.

Condiciones: Las zanjas derivadoras son de gran utilidad para aquellas zonas donde las lluvias son muy intensas, donde se presentan suelos poco permeables, y/o donde después de cada lluvia se produce un gran escurrimiento superficial.

La zanja se debe construir aguas arriba de la zona que se desea conservar. El borde se debe formar con el producto del suelo extraído de la zanja 10 cm aguas arriba de la misma. La dimensión de la zanja debe ser de 0.40 m de ancho por 0.40 m de profundo y debe tener un desnivel del 1% a fin de que el agua pueda escurrir a ambos lados del terreno y evitar que se estanque en una zona determinada.

Es conveniente compactar el bordo formado para evitar que el agua arrastre la tierra. De ser posible, se recomienda coronarlo con vegetación para darle mayor estabilidad.

Se pueden llevar a cabo algunas tareas para mejorar la duración y la calidad de la zanja. Para esto se pueden realizar plantaciones de plantas herbáceas (malezas) en el camellón de tierra. Esto sirve para darle mayor estabilidad y soporte.

Criterio de Diseño: Para llevar a cabo el diseño de las zanjas derivadoras de escorrentía es necesario considerar los tipos de vegetación, el suelo y la pendiente media del área de drenaje que se presentan en el lugar donde se establecerá la obra. Las zanjas derivadoras han de diseñarse de manera que la velocidad de la corriente sea lo más alta posible; pero sin que, en modo alguno, dañe la vegetación que haya en el canal. Las velocidades adecuadas son, generalmente:

Cauce sin revestimiento alguno.

Fondo arenoso, 0.45 m³/seg

Otros fondos, 0.60 m³/seg

Canal con vegetación pobre, 0.91 m³/seg

Canal con vegetación regular, 1.22 m³/seg

Canal con buena vegetación, 1.52 m³/seg

También es necesario realizar un análisis que permita estimar las magnitudes e intensidades de precipitaciones y escorrentías de la zona donde sea necesaria la construcción de dichas obras.

La mejor época para construir zanjas derivadoras es cuando la superficie de la cuenca esté cubierta densamente de pasto, por lo cual son mínimos el escurrimiento y los azolves o sedimentos en el canal.

Especificaciones de construcción: Se debe considerar que la zanja derivadora de escorrentía debe encauzar todas las aguas que vayan a verterse en ella. Para ello, se deben construir una zanja que sea capaz de trasladar esta escorrentía en condiciones seguras, siguiendo una curva a nivel de acuerdo a la topografía del terreno.

Todo esto contribuirá a desviar el escurrimiento y reducir la erosión hídrica. Complementariamente será necesario considerar lo siguiente:

- Análisis de las precipitaciones: intensidad y magnitud.
- Análisis de frecuencias (lluvia máxima en 24 horas para un período de retorno de cinco años).
- Características de las vertientes (pendiente, cubierta vegetal, suelo, entre otros).
- Escurrimiento máximo.
- Superficie de la zona de aporte de escorrentía a la obra de conservación.

Después de conocer estos parámetros, se dimensiona el canal de manera que sea capaz de transportar un volumen máximo en condiciones seguras. Su construcción se debe realizar en forma perpendicular a la pendiente y siguiendo las curvas de nivel.

PASO 1

Se analiza la situación que presenta el terreno para identificar si es necesaria la obra, observando si se presentan algunas de las siguientes situaciones: a) presencia de erosión laminar fuerte; b) erosión remontante; c) crecimiento de cárcavas.

PASO 2

Si en el terreno se presentan algunas de las condiciones mencionadas en el paso anterior, es necesario construir un canal cuya forma puede ser muy variada. Sin embargo, la más adecuada es la trapezoidal.

También es importante considerar la topografía (plana, ondulada o escarpada); la vegetación (bosque, pastizal, terreno agrícola); y la pendiente (0% a 30%). La velocidad máxima para el canal se determina con la fórmula de Manning:

$$V = \frac{R^{2/3} S^{1/2}}{n}$$

Donde:

V = Velocidad Máxima m/seg.

r = Radio hidráulico

s = Pendiente en metro por metro

n = Coeficiente de rugosidad de Manning.

También se debe considerar la capacidad del canal a fin de conducir el volumen de escurrimiento de una lluvia de 24 horas con periodo de retorno de cinco años.

Los pasos para determinar las dimensiones de estos canales son:

Formula para determinar el volumen de escurrimiento (Q) que llevará el canal:

$$Q = 0.028 C L A$$

Donde:

Q = Escurrimiento máximo (m^3 /seg.)

C = Coeficiente de escurrimiento

L = Lluvias máximas en 24 horas para un periodo de retorno de cinco años (cm).

Estos datos se deberán obtener de una estación metereológica cercana.

A = Área de la sección transversal.

Cálculo del área de la sección transversal por medio de la siguiente fórmula:

$$A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

A = Área de la sección transversal (m^2)

Q = Escurrimiento máximo

V = Velocidad máxima del agua en el canal en funcionamiento (m/seg).

Se calcula el radio hidráulico, considerando el tipo de canal escogido por medio de las fórmulas que aparecen en el siguiente cuadro:

Cuadro. 11. Radio hidráulico considerando el tipo de canal escogido.

Sección	Área (a)	Perímetro mojado (p)	Radio hidráulico ®	Ancho superficial (t)
Trapezoidal	$bd + zd^2$			$b + 2zd$
Rectangular	bd	$B + 2d$		B

Fuente: CONAFOR.2004.

Con la pendiente seleccionada (permisible) se obtiene el valor de $s^{1/2}$

Se debe considerar el valor del coeficiente de rugosidad., obteniéndose su valor en Tablas.

Con los valores de las literales de la fórmula de Manning se procede a resolverla, encontrando que si la velocidad (V) obtenida en la fórmula correspondiente es igual a la velocidad máxima permisible dividida entre dos, querrá decir que encontramos valores correctos. Si por el contrario, el valor calculado de la velocidad (V) es mayor que el permisible, será necesario seleccionar un canal más amplio (disminuir el valor R) y con menor profundidad. Si el valor de dicha velocidad es menor que el permisible, se debe seleccionar un canal más angosto con una profundidad mayor.

Con estos cálculos se obtienen las siguientes dimensiones: 40 cm de base y 40 cm de altura, por 100 m de largo.

PASO 3

Se debe considerar la construcción de la zanja de escorrentía sobre la cárcava, a una distancia mínima de 3 m desde donde ésta comienza.

PASO 4.

Se puede comenzar con la construcción de la zanja de escorrentía.

PASO 5.

Es necesario saber la extensión que deberá tener el canal. Se recomienda que éste no exceda los 100 m.

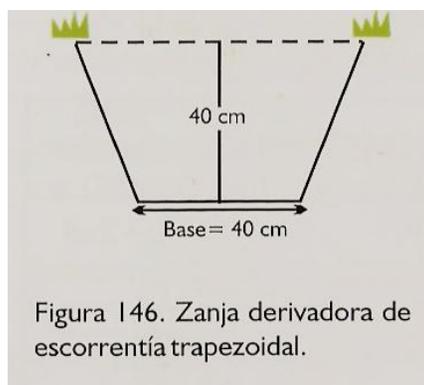


Figura.37. Zanja derivadora de escorrentía trapezoidal.

PASO 6.

Cada zanja derivadora debe tener salidas adecuadas. Esta puede ser una salida de agua natural o una construida (bordo o olla de agua), un área con cubierta vegetal estabilizada (una pradera en buenas condiciones) o un canal abierto estabilizado. De cualquier manera, la salida debe de descargar de manera que no provoque erosión.

Mantenimiento: La zanja podrá tener una vida útil alrededor de 5 ó 10 años, durante los cuales se deberán realizar tareas de limpieza donde se remuevan los desechos acumulados y malezas que se desarrollen dentro de la zanja.

En el canal, debe establecerse y conservarse una buena vegetación, y también sobre el talud superior, a menos que se haya diseñado para que sea un canal sin revestir. Se hace necesario segar la vegetación a fin de impedir el crecimiento de zarzas y otras malezas que puedan obstruir la corriente. Cuando las plantas leñosas llegan a ser demasiado grandes, se hace difícil recortarlas, y la zanja de derivación va perdiendo paulatinamente su utilidad, y por lo general, acaba en fracaso.

Es necesario retirar de cuando en cuando las acumulaciones de azolves o sedimentos. Los depósitos pequeños de sedimentos se pueden quitar con una pala ordinaria o con una escrepa. Sin embargo, si el depósito del azolve se extiende en toda la longitud de la zanja derivadora, el cauce tiene que ararse del mismo modo que se hacen las labores de arado para la conservación de las terrazas, (del fondo del bordo hacia la parte de afuera).

NOTA: Una presencia de azolve en el cauce indica por lo común, que se está haciendo una labor inadecuada de conservación de suelo en la cuenca.

4.4.7.10. Clave. EBR.

Bordo abrevadero parcelario.

Definición: Los abrevaderos son depósitos o almacenes de agua, donde sacia su sed el ganado; pueden ser naturales o artificiales, en los que se logra el confinamiento de un volumen apreciable de agua mediante la construcción de una infraestructura que pueda incluir: bordos, canales, etc.



Figura. 38. Bordo parcelario de abrevadero.

Propósito: Son obras mínimas de almacenamiento que funcionan como abrevaderos para el ganado en las microcuencas.

Condiciones: Un pequeño almacenamiento como el de un abrevadero no es un proyecto de gran irrigación a escala reducida; si bien, los componentes principales (vaso, bordo, vertedor y obra de toma) son semejantes, su realización plantea problemas propios. Por la magnitud de la inversión no se justifican estudios muy elaborados ni se cuenta con el auxilio de especialista en geología, geotécnica, definición e hidráulica, salvo casos muy particulares. De acuerdo a lo anterior, se conviene que un almacenamiento para abrevadero, es aquel que requiere una cortina de altura inferior a los 10 metros, que la cuenca tributaria no exceda de 15

kilómetros cuadrados y la capacidad útil sea menor o igual a un millón de metros cúbicos.

Las partes constitutivas de un abrevadero son: Vaso de almacenamiento, cortina o bordo, vertedor y obra de toma.

- a) Vaso de almacenamiento: es el receptáculo en donde se captan los volúmenes escurridos superficiales, debido a la obstrucción de una corriente natural.
- b) Bordo: Es la estructura principal de un almacenamiento que bloquea el libre tránsito de un escurrimiento superficial.
- c) Vertedor: Es la estructura que tiene por objeto proteger el sistema de almacenamiento permitiendo el paso de los volúmenes excedentes a la capacidad normal del vaso, así como su descarga en los causes de arroyos, aguas abajo del borde.
- d) Obra de toma. Es la estructura que tiene como función regular las extracciones para satisfacer la demanda de agua en el abrevadero.

Criterios de diseño: Para la formulación de proyecto de abrevadero, se requieren hacer los estudios básicos necesarios en los cuales se sustente dicho proyecto. Estos estudios incluyen aspectos tales como: visita de inspección del área de proyecto, levantamiento topográfico, estudio hidrológico y geotécnico.

Estudios Topográficos.

Estos estudios tienen como objetivo principal, proporcionar la información necesaria que permite conocer las características del área de proyecto, para el diseño de todos y cada uno de los componentes de la obra.

- a) Delimitación de la cuenca de captación. La delimitación de la cuenca, permite conocer el tamaño y forma de la misma, la cual se efectúa tomando como fuente de información la carta topográfica escala 1:50,000 editada por INEGI.

- b) Levantamiento topográfico de la boquilla. Existen varios procedimientos para el levantamiento topográfico, debiéndose seleccionar un método sencillo y rápido para configurar el terreno, ya sea mediante secciones transversales con tránsito, nivel y cinta o bien utilizando cualquier otro método.
- c) Levantamiento del vaso de almacenamiento. Tiene como finalidades principales las siguientes: deslindar afectaciones, determinar la capacidad de almacenamiento a distintas elevaciones, establecer la elevación de la cresta del vertedor y el umbral de la obra de toma y definir la altura de la corona del bordo, complementando con los estudios hidrológicos.
- d) Grafica de elevaciones, áreas y capacidades. Con la configuración del vaso se procede a determinar las áreas inundadas y la capacidad de almacenamiento a cada metro.

Estudio hidrológico.

- a) Esguerrimiento en la cuenca de captación. Los factores importantes para determinar en forma aproximada el volumen que puede captarse anualmente en el bordo de abrevadero son: intensidad de lluvias, extensión de la cuenca, tipo de vegetación, tipos de suelos e intensidad de la evaporación.

Con estos datos será posible valorar el volumen esguerrido, mediante la siguiente fórmula:

$$V_e = A \cdot h \cdot C_e$$

Donde:

V_e : Volumen esguerrido en metros cúbicos.

h : altura de precipitación media anual en la cuenca en metros.

C_e : coeficiente de esguerrimiento promedio.

- b) Volumen aprovechable medio anual. Este volumen se obtiene considerando las pérdidas que normalmente se presentan en el

funcionamiento del vaso, como son las correspondientes a filtraciones, evaporaciones y las salidas de excedentes por el vertedor. En forma sencilla puede aceptarse como un volumen aprovechable en forma anual, el 70% del volumen escurrido previamente obtenido.

- c) Capacidad útil. La capacidad útil del vaso, se recomienda no exceda del 80% del volumen escurrido medio anual estimado.
- d) Capacidad de azolves. Esta capacidad puede obtenerse mediante la fórmula siguiente:

$$CZ = Cg (Ve)$$

Donde:

CZ: Capacidad de azolve en metros cúbicos.

Cg: Factor que corresponde a diferentes condiciones de pendiente del escurrimiento.

Ve: Volumen escurrido medio anual en metros cúbicos.

Estudio geológico.

La primera fase de un estudio geológico para la construcción de un bordo abrevadero es el reconocimiento preliminar, que tiene por objeto recabar la información regional de tipo general. Este reconocimiento se puede realizar con el auxilio de las cartas geológicas editas por INEGI. Se determinan los grupos de rocas que predominan en la zona, así como la presencia de fallas, plegamientos, actividad volcánica y otros que fueran de interés. Si se encuentran evidencias desfavorables tales como: presencia de rocas con fracturas abiertas y abundantes, existencia de cavidades de disolución, presencia en las márgenes de materiales granulares como gravas, arenas sueltas o escorias basálticas alteradas, se deberá solicitar la presencia de un geólogo que realice estudios más a fondo en el sitio de la boquilla y en el vaso.

Estudio de mecánica de suelos.

Estos estudios, permiten definir las características mecánicas de los materiales, con las que se construirá el futuro bordo. Se realizan en la boquilla,

el vaso de almacenamiento y los bancos de préstamo, obteniéndose las características de los suelos, fundamentalmente en sus aspectos de consistencia, compactación, resistencia al esfuerzo cortante y permeabilidad.

Pruebas rápidas de campo. Las pruebas rápidas de campo que se realizan son las siguientes:

- Movilidad del agua de los poros del suelo o reacción al agitado.
- Resistencia del suelo seco al quebrantamiento.
- Tenacidad o consistencia del suelo, cerca del límite plástico.
- Identificación de los suelos al tacto.

Condiciones para invalidar la construcción de un bordo.

- Insuficiencia de escurrimientos superficiales susceptible de almacenarse con fines de abrevadero, ya sea por una pequeña precipitación media anual o bien, por lo restringido que pueda ser la cuenca de captación.
- Condiciones topográficas de la boquilla y del vaso desfavorables que eleven los costos de la construcción en forma desmedida.
- Estratos geológicos en la boquilla y zona de embalse con alta permeabilidad que impliquen grandes pérdidas por filtración.
- Coeficientes de agostadero muy bajos, que definan pobres posibilidades para un desarrollo pecuario.

4.4.8. PRACTICAS DE BIOINGENIERIA

Como Prácticas de Bioingeniería se definen todas aquellas que además de requerir obras estructurales también requieren la siembra o utilización de plantas. Así mismo, se refiere a prácticas que apoyan el establecimiento de la vegetación en suelos erosionados.

La ventaja de este tipo de prácticas es que las especies que se utilicen pueden significar otro medio de ingreso para los productores o apoyar su tipo de producción como en el caso de los ganaderos que se benefician de cercos vivos con arbustos que proveen sombra y refugio para los animales al igual que pudiera ser una fuente de forraje alterna.

La desventaja de estas prácticas es que implica que dentro de la planeación de la obra se tome en cuenta el establecimiento de viveros. Un problema también es que los frutos de estas prácticas no se observan fácilmente a corto plazo.

4.4.8.1. Clave. BTMV.

Terrazas de muro vivo.



Figura. 39. Ejemplo de terraza de muro vivo.

Definición: Las terrazas de muro vivo son terraplenes que se forman gradualmente partir del movimiento de suelo que se da durante las labores de cultivo en terrenos de ladera y es retenido por setos de diversas especies de árboles o arbustos que se establecen siguiendo curvas de nivel.

Propósito: Es reducir la erosión hídrica en terrenos preferentemente forestales o agrícolas. Controlar el escurrimiento superficial a velocidades no erosivas y dirigirlo hacia una salida estable propiciando la formación de terrazas.

Condiciones: Para que un sistema de terrazas sea efectivo, se recomienda dar mantenimiento al seto a través de una combinación de prácticas como: Surcado al contorno, cultivos en faja, rotación de cultivos y un manejo del suelo ajustado a su capacidad de uso. Para ello, se deberán utilizar especies nativas o introducidas que cumplan con los siguientes requisitos:

- De rápido crecimiento.
- Que no compita por la luz con los cultivos
- Que no sean hospederos de plagas
- De fuerte desarrollo radical
- Que ofrezcan aprovechamiento como abono verde, forraje, leña, etc.

Las semillas, estacas o plantas que se utilicen deben estar libres de plagas y enfermedades y presentar alto vigor.

Se recomienda efectuar la siembra o transplante de especies vegetales para terraza de muro vivo en época de lluvia, con el fin de promover mejores resultados en la germinación de semillas y enraizamiento de estacas.

Como complemento a la formación de terrazas es conveniente plantar especies forestales maderables que se adapten a la zona, o bien especies frutales de las cuales se pueda obtener un ingreso adicional.

Criterio de Diseño: Para diseñar las terrazas de muro vivo se debe conocer previamente la pendiente del terreno y la cantidad de lluvia anual que se presenta en el lugar. Con estos datos se determinale espacio entre hileras.

Calculo del espacio entre terrazas:

La fórmula considera la pendiente y la precipitación anual para determinar el espacio entre terrazas.

$$IH = \frac{IV}{P} \times 100$$

Donde: IH = Intervalo horizontal
 IV = Intervalo vertical
 P = Pendiente del terreno (%)

$$IV = (2 + \frac{P}{304}) \times 0.305$$

Donde:

- IV = Intervalo vertical (m)
- P = Pendiente del terreno (%)
- 3 = Factor que se utiliza donde la precipitación anual es menor a 1,200 mm.
- 4 = Factor que se utiliza donde la precipitación anual es mayor a 1,200 mm.
- 0.305 = Factor de conversión de pies a metros.

Cuadro.12. Valores referentes al intervalo vertical o desnivel e intervalo horizontal o espacio entre hileras recomendables.

Pendiente	Menor que 1200 mm	Mayor que 1200 mm	Menor que 1200 mm	Mayor que 1200 mm
	Intervalo vertical (IV)	Intervalo Vertical (IV)	Intervalo Horizontal (IH)	Intervalo Horizontal (IH)
2	0.81	0.76	40.5	38.0
5	1.11	0.99	22.2	19.8
10	1.62	1.37	16.2	13.7
15	2.13	1.75	14.2	11.6
30	3.66	2.90	12.2	9.7
40	4.67	3.66	11.7	9.2
50	5.69	4.42	11.4	8.8

Fuente: CONAFOR.2004.

Especificaciones de construcción: Para la construcción de terrazas vivas se tiene que seguir el siguiente procedimiento:

- a.) Trazo: El trazo de las curvas de nivel se puede efectuar mediante el uso del aparato A, nivel de mano, de manguera u otro, como se indica en el Capítulo X de este documento.

Cuando se tiene que trabajar en terrenos donde la pendiente es uniforme, se establece la línea de máxima pendiente y, dependiendo del grado de inclinación, se determina la separación entre cada línea, se marca con una estaca a lo largo de la línea divisora o de máxima pendiente, y posteriormente se procede, en cada una de ellas, al trazo de curvas a nivel, marcando el terreno con estacas o piedras, para que en base a ellas se construya un pequeño surco.

En el caso de un terreno que presenta variabilidad en la pendiente, es necesario ubicar zonas con pendientes iguales y en cada una de ellas se efectúan los trazos.

- a) Establecimiento de seto o cerco vivo: Las plantas que constituyen el muro vivo se pueden establecer por estacas, siembra directa, o bien por una combinación de ambas. Véase en el Capítulo sobre Plantas Nativas para la

conservación de suelos para encontrar la mejor opción para una determinada microcuenca.

Si se siembran plantas por estacas, se les deberá dar forma de punta en el extremo inferior para que se anclen fácilmente al suelo, y deberán tener una longitud promedio de 30 a 40 cm; se recomienda que se coloquen a distancias de un metro entre estaca y estaca, en forma lineal, sobre las curvas de nivel.

En caso de siembra directa (por semilla) se recomienda utilizar el método de plantación a doble hilera, con separación de 20 cm entre ellas y siembra a “chorrillo”.

Cuando se realiza una plantación combinada que consiste en plantar estacas desde 30 cm a 1.5 m de altura, a distancias de entre 50 cm y 2 m entre estacas, en forma lineal; un año después se debe efectuar la siembra directa entre el seto de estacas, a doble hilera o tres bolillo, con distancia de 20 cm entre hileras.

- b) Manejo del cerco vivo: Algunas actividades que se recomienda realizar durante la formación del seto son las siguientes:

Deshierbe. Es conveniente efectuar el control de malezas por el método manual, usando machete, para no afectar los cultivos establecidos entre las franjas. Esto deberá realizarse 30, 60 y 120 días después de la siembra, durante el primer año de establecimiento del cerco vivo. Al hacer los deshierbes, se deben de acumular los residuos en la parte de aguas arriba de la barrera para propiciar la formación de terrazas.

Fertilización. Después de 30 días de la siembra, se recomienda aplicar 40 g de superfosfato de calcio triple en forma de banda, por cada metro lineal.

Aporque o atierre. Consiste en acercar tierra y rastrojo del cultivo anterior en la base y aguas arriba del muro vivo para proporcionar mayor estabilidad al cerco, formar los bancales y conducir los excesos de agua en forma controlada.

Poda. Es una de las actividades más importantes, ya que las ramas son quienes propician la acumulación de materia orgánica en la formación de terrazas. Un año después del establecimiento del cerco, se recomiendan dos podas al año para evitar que el crecimiento excesivo de ramas invada el terreno arable.

Mantenimiento: Para que un sistema de terrazas sea efectivo, se recomienda dar mantenimiento al seto a través de una combinación de prácticas como: surcado al contorno, cultivos en faja, rotación de cultivos y un manejo del suelo ajustado a su capacidad de uso.

4.4.8.2. Clave. BPV.

Uso de pastos Vetiver. (Alternativa de Terrazas).

Definición: Son sistemas de barreras de pasto Vetiver como dispositivo vegetativo de dispersión y filtro de agua.

Propósito: Cuando se aplica correctamente, el Sistema de Pastos Vetiver puede ser tan eficaz como el sistema de terrazas a lo largo de curvas de nivel en la conservación de suelo, con el beneficio adicional de que también conserva la humedad. La estrecha franja del Sistema de Pasto Vetiver reduce al mínimo la cantidad de tierra que se pierde para la producción de construirse canales y terrazas, y ayuda a proteger la vegetación de las riberas, lo cual se considera una ventaja en comparación con los recolectores de sedimentos y otras formas de reducción de sedimentos.

Condiciones: La utilización de este sistema es recomendable cuando económicamente es inviable el establecimiento de otro tipo de terrazas o se tienen suelos arenosos con precipitaciones abundantes y se necesitan realizar prácticas adicionales a las terrazas para detener los azolves.

El pasto Vetiver es una gramínea perenne, crece hasta una altura de 2 m, con un sistema radical fuerte que crece verticalmente a profundidades hasta 5 metros. Resiste heladas no crece cuando la temperatura del suelo este debajo de 12° a 15° C. Para crecimiento rápido se requiere temperaturas altas del verano (25° C +).

Con manejo adecuado puede ser utilizado en zonas áridas (de 300 mm), pero de 700 mm por arriba es preferible. Aguanta sequías extremas, pero normalmente requiere una época de lluvias que dure por lo menos 3 meses. La condición idónea es cuando las lluvias vienen regularmente durante el año.

Es una planta C4 que requiere pleno sol para desarrollarse bien. Se puede establecer y crecer adecuadamente en condiciones con 40% de sombra con más

de este por ciento es difícil establecerse, pero cuando se quita la sombra, crecerá muy rápido.

Se propaga por división de raíces y cuando el material es escaso se puede propagar en vivero. Dependiendo de las lluvias y tipos de suelos, un tallo puede producir de 25 a 50 tallos nuevos en 6 meses.

Recomendaciones para la siembra del Pasto Vetiver.

1. Separar un atado en tallos individuales que tengan raíces. Estos se llaman esquejes. .



Figura.40. Separación de los esquejes de pasto Vetiver.

2. Cortar el tope de cada esqueje aproximadamente a 15 -20 cm de la base.

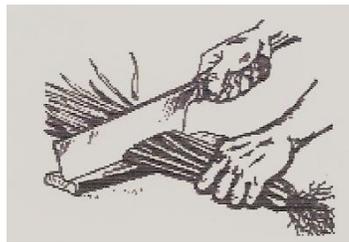


Figura.41. Corte del tope de los esquejes de Pasto Vetiver.

3. Cortar las raíces a 10 cm por debajo de la base. Plantar los esquejes alineados en pequeñas zanjas (agregando un poco de abono o tierra de hojas si fuese posible) a 10 – 15 cm de distancia.



Figura.42. Siembra de pasto Vetiver.

Substitución de las Terrazas a lo largo de las curvas de nivel: El Pasto Vetiver ha sido utilizado con éxito en canales con mayor declive (por encima del 3%) para reducir las velocidades y ofrecer unos dispositivos de captación de sedimentos en las etapas tempranas, antes de que los pastos estoloníferos cubran completamente la superficie tras la construcción. Las barreras deberían establecerse sobre las curvas de nivel y espaciarse verticalmente.

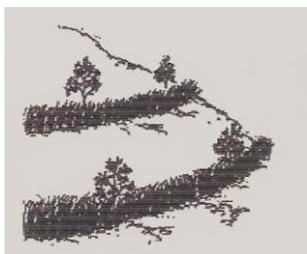


Figura. 43. Terrazas con pasto Vetiver

El espaciamiento vertical utilizado es de 1 metro y a ángulos rectos con el flujo de agua, extendiéndose las barreras hacia lo alto de los lados del canal hasta el nivel original del suelo. La capacidad que tiene el pasto vetiver de crecer en suelos de baja calidad (por ejemplo sódicos, pedregosos) lo hace ideal para la construcción de canales tan pronto como se remueve el suelo para garantizar la definición del canal (de 20 a 50 cm de profundidad, dependiendo del declive y del volumen).

Si se siembra pasto Vetiver, una variante importante que tiene que considerarse en el diseño del canal es la altura mantenida, debido al retardo ocasionado por la

barrera. Se recomienda el corte del pasto vetiver a una altura máxima del nivel original del suelo para reducir el impacto del recubrimiento del canal durante eventos de grandes tormentas.

Estabilización de hondonadas con el Sistema de Pasto Vetiver: La estabilización de hondonadas en zonas de cultivo y pastoreo en donde hay suelos sódicos, es un problema constante de manejo de la tierra. Los suelos sódicos son usualmente dispersivos y de ahí que sean vulnerables a la erosión cuando quedan expuestos al impacto de escurrimientos o de la lluvia. Con frecuencia están expuestos los suelos sódicos como resultado de obras de construcción o de erosión del suelo por el cultivo de la tierra o falta de una cobertura de la superficie.

Se ha utilizado con éxito el pasto Vetiver para estabilizar estas zonas, en conjunción con unas obras menores y la siembra de pastos estoloníferos entre filas de pasto Vetiver.

Las barreras de pasto Vetiver se siembran en ángulos rectos al flujo del agua y a lo largo de la curva de nivel. El espaciamiento entre franjas es de 1 metro. Es importante que la barrera de pasto Vetiver se extienda a la profundidad máxima del flujo del agua en la hondonada para detener el impacto que tendría el agua que fluyese alrededor de los extremos. Debe tenerse en cuenta que la profundidad del flujo aumentaría en la hondonada con barreras de pasto Vetiver debido al retardamiento ocasionado por el fluir del agua a través del pasto.

Barreras para dispersión y desviación de agua con el Sistema de Pasto Vetiver: En zonas de pastoreo de baja precipitación se han usado los métodos de roturación de curvas de nivel y de camellones con traviesas de retención para aumentar la retención superficial de la precipitación en suelos de baja capacidad de infiltración.

La formación de camellones con traviesas de retención incorpora una serie de excavaciones de contorno poco profundo con interrupciones periódicas formando minirepresas.

La capacidad del pasto Vetiver, una vez establecido, de tolerar sequías ha hecho que se use como alternativa a la roturación de curvas de nivel. El pasto Vetiver, una alternativa a la roturación de las curvas de nivel. El pasto Vetiver sembrado a lo largo de las curvas de nivel retardará el flujo de los escurrimientos de agua cuando pasan por la barrera. El sistema de raíces profundas del pasto Vetiver y el mantillo de material foliar caído que se va formando en el flanco inferior de la barrera parece aumentar la infiltración, que será usada por el crecimiento vegetal subsecuente.

Mantenimiento se pueden hacer raleos anuales una vez que el pasto este bien establecido para obtener más material vegetativo. El vetiver se establecerá mejor si se le pone estiércol, aprox 100 kg/100 m lineales de barrera. Si el estiércol no está disponible, fosfato di-amonio (DAP) puede ser aplicado en cantidades de 10 kg/100 m lineales de barrera. Abonar no es esencial, pero incrementa el crecimiento. No hay necesidad de poner abono para mantener las barreras.

4.4.8.3. Clave. BTI.

Terrazas individuales para reforestación en pendiente.

Definición: Son terraplenes de forma circular, trazados en curvas a nivel de un metro de diámetro en promedio. En la parte central de ellas se establece una especie forestal.

Propósito: Evitar la erosión de laderas, retener el suelo de las escorrentías, capturar agua de escurrimientos superficiales y sobre todo promover mayor humedad para el desarrollo de especies forestales o frutales. Esta práctica es ideal para suelos con mucha pendiente y donde hay necesidad de sembrar árboles como medio de subsistencia de la población, como las manzanas en el área de San Joaquín o pinos y encinos en la Zona de la Sierra Gorda.

Condiciones: Para alcanzar mayores beneficios en la aplicación de terrazas individuales se ofrecen las siguientes recomendaciones:

1. En regiones áridas y semiáridas se debe reducir la cantidad de terrazas y árboles para evitar la competencia por humedad. También se deben construir bordos sobre las curvas a nivel para retener escurrimientos y captar mayor cantidad de agua. De ser posible, encauzar dichos escurrimientos hacia la terraza.
2. En regiones tropicales ó subhúmedas se recomienda combinar las terrazas individuales con canales de desagüe que intercepten y desalojen los excesos de agua en forma controlada.
3. Una actividad importante en la aplicación de esta práctica es la estabilización de taludes en la zona de corte y relleno mediante la colocación de piedras o cultivos de cobertera para evitar la destrucción de la obra y el mal funcionamiento.
4. En cuanto al manejo de las especies forestales establecidas en las terrazas se recomienda:

- Plantar especies resistentes a la sequía en zonas áridas o tolerantes a los excesos de humedad en zonas tropicales ó subhúmedas.
- Los arbolitos se deben mantener libres de hierbas, arbustos y árboles no deseables.
- Eliminar árboles enfermos y controlar plagas y enfermedades
- Reducir el número de árboles dejando los que presenten mayor vigor y sanidad para regular la distribución del espacio y mejorar su desarrollo.
- Construir brechas corta fuego para proteger las plantaciones.
- Combinar la práctica con áreas de exclusión al pastoreo para proteger los árboles.

Criterio de Diseño: Las terrazas individuales se deben construir en suelos con profundidades mayores a 30 cm. Se deben alinear en curvas de nivel y separarse de acuerdo con la pendiente y densidad de plantas que requiere cada especie forestal.

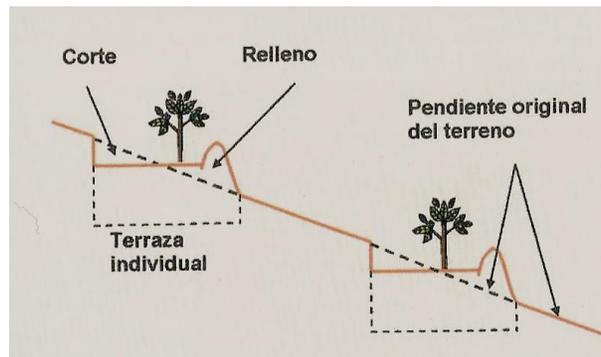


Figura. 44. Sección transversal de terrazas individuales.

Especificaciones de construcción: La dimensión promedio de las terrazas individuales es de 1 m de diámetro, en donde se forma un “cajete” de captación de agua y de suelo. Para su construcción se utiliza una estaca y una cuerda de 0.5 m de largo; se debe trazar un círculo de 1 m de diámetro, después se procede a excavar en la parte superior del círculo, depositando y conformando un bordo circular con el suelo excavado, que permita almacenar agua de lluvia y

proporcionar humedad a las especies forestales ahí plantadas. Dicho bordo puede reforzarse con piedras u otro material. Dependiendo de las condiciones topográficas del terreno, se les puede dar una inclinación en contra pendiente dentro del cajete.

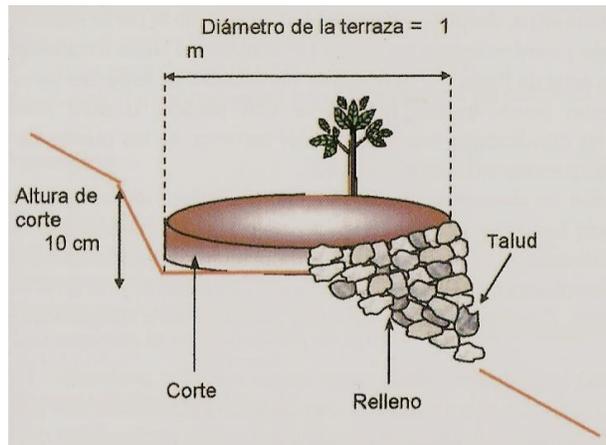


Figura.45. Dimensiones de terraza individual.

La capacidad de almacenamiento de agua dependerá de las condiciones ambientales de cada lugar (vegetación, tipo de suelo y precipitación pluvial). En zonas con alta incidencia de lluvias se recomienda plantar cada arbolito cerca del bordo construido en el área de relleno, en contra de la pendiente y no en el centro de la terraza o cajete. Con esto se trata de evitar pudriciones o ahogamiento por exceso de agua.

Las terrazas individuales deben tener como medidas promedio: 1 m de diámetro y 10 cm de profundidad de corte, con taludes estabilizados con piedra o pastos, pero pudiendo variar de acuerdo a la pendiente y a la profundidad del suelo.

Para este tipo de obra de conservación de suelos se recomiendan especies como el maguey, nopal y frutales, o una planta nativa idónea para las condiciones de suelo y clima.

Mantenimiento: Se recomienda supervisar periódicamente las terrazas para controlar el grado de humedad, ver que no se haya colapsado la pared hacia la pendiente y controlar el prendimiento de la vegetación con la que se haya forestado.

4.4.8.4. Clave. BTC.

Tinas ciegas. (Zanja trinchera).



Figura.46. Ejemplos de tinajas ciegas (zanjas trinchera)

Definición: Las tinajas ciegas son excavaciones en curvas a nivel de 0.4 m de ancho x 0.4 de profundidad y 2 m de longitud en promedio, trazadas a tres bolillo y separadas con un tabique divisor de 2 m de largo. También se les denomina zanja trinchera. Esta práctica se pudiera definir como una Práctica estructural pero se tomó la decisión de manejarla como Práctica de Bioingeniería ya que apoya es establecimiento de la flora silvestre e introducida además de evitar escorrentías.

Propósito: Ayudan a reducir la erosión hídrica, intercepta los escurrimientos superficiales, incrementa la infiltración del agua y es un auxiliar a la reforestación en la sobrevivencia de especies vegetales (ya sea forestales o vegetación natural).

Condiciones: El adecuado funcionamiento de las tinajas ciegas depende del mantenimiento de la obra, ya que los procesos de sedimentación disminuyen la capacidad de retención de escurrimientos superficiales, por lo tanto, también reducen el tiempo de vida útil para el que fueron construidas.

Cuando se busca retener la humedad, se recomienda compactar la base de la tina ciega para reducir la infiltración de agua de lluvia. Así mismo, para lograr el mayor aprovechamiento en la captación de agua de lluvia se recomienda modificar la

pendiente, de tal manera que el agua se conduzca hacia las tinajas ciegas. También se deben de eliminar obstáculos que desvíen los escurrimientos del sitio de interés.

Se deben seleccionar especies forestales que se adapten en cada región y establecerse en época de lluvia. Además, es necesario proporcionar cuidados suficientes para lograr mayor éxito en los beneficios de la obra.

Este tipo de obra se recomienda para zonas semiáridas y templadas, con pendientes no mayores al 40%, ya que el movimiento de tierra que se hace en la zanja aguas arriba propicia que se deposite en la zanja de aguas abajo por el escurrimiento superficial.

Cuando un sistema de zanjas trinchera se usa para interceptar la escorrentía de una cárcava, el diseño debe ser calculado para captar el 100% del escurrimiento.

Criterio de Diseño: En el diseño se debe conocer la distancia entre las curvas a nivel sobre las que se construirán las zanjas. Las dimensiones de cada una de ellas se establecen previamente: 0.4 m de ancho, 0.4 m de profundidad, 2 m de longitud y un tabique divisor de 2 m en promedio, como se mencionó anteriormente. El volumen de excavación de cada zanja será de 0.32 metros cúbicos.

La distancia entre hileras está determinada por el escurrimiento superficial que se pretende captar cuando ocurre una lluvia máxima en 24 horas con un periodo de retorno de cinco años, por lo que será necesario calcular este dato. En el escurrimiento superficial de un área influyen la vegetación, la pendiente, tipo y uso del suelo, y cantidad de precipitación expresada en mm. Para satisfacer los objetivos propuestos con estas obras, se ha determinado que se debe captar el 50% de los escurrimientos para un periodo de retorno de cinco años.

Otro concepto importante es el área de escurrimiento, el cual se refiere a la superficie de aguas arriba de la tina por donde escurre el agua precipitada directamente en la zanja.

Es conveniente considerar las medidas recomendables en tinas ciegas, ya que la pendiente del terreno puede afectar sus dimensiones al momento de su construcción; por ello, en terrenos inclinados deben medirse los 40 cm de profundidad a la mitad del ancho de la tina, es decir, a los 20 cm.

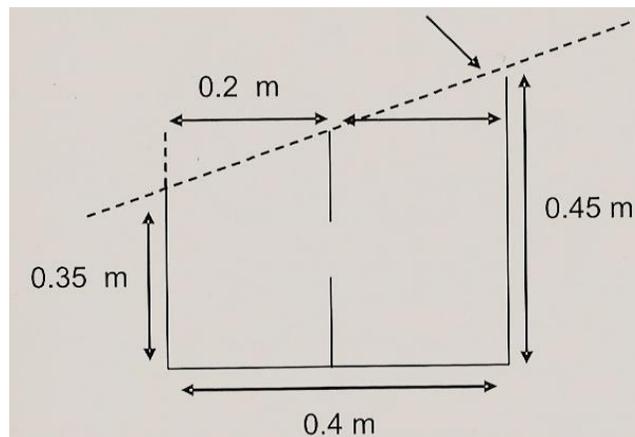


Figura. 47. Sección transversal del diseño de una presa en terreno con pendiente.

Para determinar el distanciamiento entre líneas de tinas se debe realizar el siguiente procedimiento:

1. Se estima el escurrimiento considerando una lluvia máxima en 24 hrs para un periodo de retorno de cinco años (expresado en mm)
2. Se multiplica por 0.5 porque se captará el 50% del total escurrido.
3. Con estos datos obtenemos el área de escurrimiento, para lo cual se divide el volumen de excavación o capacidad de almacenamiento de cada zanja entre el escurrimiento a captar expresado en metros.
4. Ya que cada zanja es de 2m, el resultado del punto 3 se divide entre dos.
5. Para obtener la distancia entre línea consecutivas el resultado del punto anterior se divide nuevamente entre dos, ya que el tabique divisor es también de 2 m

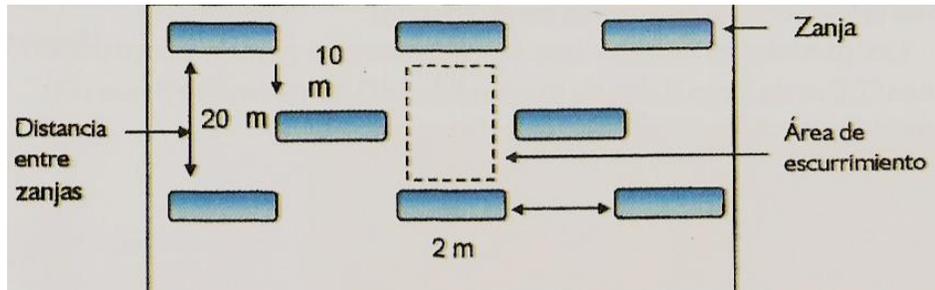


Figura.48. Diagrama de distribución de tinajas ciegas en tresbolillo.

Ejemplo: considerando las dimensiones de 0.4 x 0.4 x 2 para tinajas ciegas, calcular el espaciamiento entre líneas consecutivas en un terreno, en donde se estimó un escurrimiento medio de 13.5 mm para una lluvia máxima de 24 horas en un periodo de retorno de cinco años.

- a) se multiplica el escurrimiento por 0.5 ($13.5 \times 0.5 = 6.75$)
- b) Se calcula el área de escurrimiento $0.32 \text{ m}^3 / 0.00675 \text{ m lineales} = 47.40 \text{ m}^3$
- c) Se divide entre 2 = $47/2 = 23.70 \text{ m}$
- d) Nuevamente se divide entre dos ya que las tinajas no son continuas: $23.70 / 2 = 11.85$
- e) Para facilitar el trazo se reduce a 10 m
- f) La separación entre líneas consecutivas será de 10 m.

Especificaciones de construcción: Las tinajas ciegas se construyen siguiendo una curva a nivel de acuerdo a la topografía del terreno. Se inicia su trazo en la parte más amplia del terreno, marcando cada 2 m sobre la curva a nivel. Se procede a la excavación con pala y pico, se debe depositar el suelo, producto de la excavación, aguas abajo, formando un bordo de longitud igual a la de la zanja, que se debe compactar para evitar que la corriente arrastre el suelo.

La siguiente zanja se construye a 2 m sobre la curva a nivel. Este espacio constituye el tabique divisor y debe continuarse así a lo largo de la línea a nivel. La línea que sigue debe construirse a 10 m o según el espaciamiento respectivo para

cada zona. Continuando con la apertura de zanjas, debe permitirse que el tabique divisor de la línea contigua coincida con cada zanja.

Las medidas promedio que se recomiendan para la construcción de las zanjas son: 2.0 m de largo, 0.4 m de profundidad y 0.4 m de ancho.

Si la intención es establecer especies forestales se deben establecer en el bordo de aguas abajo; además, es conveniente compactar este bordo formado para evitar que el agua arrastre la tierra; de ser posible se recomiende plantar pastos para darle mayor estabilidad.

La capacidad de almacenamiento de agua dependerá de las condiciones de la vegetación, tipo de suelo y cantidad de lluvia que se presente para cada zona.

El espacio que se deja entre hileras de tinajas o zanjas representa al escurrimiento superficial para cada una de ellas y se construye con el bordo aguas abajo.

Si se considera una separación de 2 m entre zanja y zanja en una misma curva a nivel, y cada una mide 2 metros de largo, entonces en 100 metros lineales se pueden construir 25 tinajas con dimensiones de 2.0 x 0.4 x 0.4 m. La distancia entre ellas es de 20 m y entre hileras alternas es de 10 m, por lo tanto, se construyen en promedio 250 tinajas por hectárea, que equivalen a 500 m lineales, distribuidos cada 10 m.

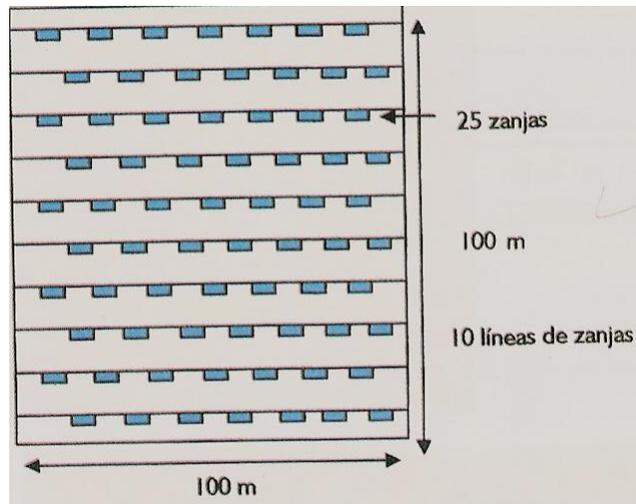


Figura. 49. Distribución de zanjas trinchera en una hectárea.

Mantenimiento: Se deben de realizar inspecciones periódicas para controlar los escurrimientos y asegurarse de que las tinas estén trabajando adecuadamente. Esto implica que en un momento dado se tendrán que vaciar de azolves para que sigan funcionando o cuando es necesario que sigan funcionando como en zonas de mucha sequía o en años de sequía, para garantizar que los árboles o arbustos que se hayan sembrado se establezcan completamente.

4.4.8.5. Clave. BCR.

Cortinas rompevientos.

Definición: Las cortinas rompevientos son plantaciones alineadas en forma perpendicular a las corrientes del viento. Se establecen con cuatro o más hileras de árboles y arbustos para formar una barrera lo suficientemente alta y densa para disminuir significativamente la velocidad del viento.

Propósito: Reducir la velocidad del viento, detener el material acarreado por el viento y así proteger al suelo de la acción erosiva del viento. Otro beneficio colateral es que estas cortinas se vuelven un importante refugio para la vida silvestre. Así mismo protege los cultivos anuales del acame y conserva la humedad del suelo y del ambiente.

Condiciones: En la selección de especies para cortinas rompevientos, es pertinente considerar una serie de requisitos y características para que se cumpla el objetivo. Los principales son:

- que sean especies adaptadas a las condiciones edáficas y climáticas de la zona.
- Con gran resistencia a la sequía y un sistema radical vigoroso con desarrollo vertical y horizontal, de manera que puedan aprovechar al máximo la humedad del suelo y que estén bien ancladas.
- Deberán ser de crecimiento rápido y morfológicamente uniforme (troncos rectos, vigorosos y longevos).
- Deben tener una gran densidad de copa (muchas ramas y hojas).
- Para el caso de las especies arbustivas que se utilizan en las alineaciones exteriores de la cortina, éstas no deben ser apetecibles para el ganado, preferentemente espinosas que restrinjan el ramoneo.
- Se recomiendan utilizar especies que no pierdan completamente su follaje durante el año.

Criterio de Diseño: El diseño de una cortina rompevientos debe estar en función de la velocidad máxima que alcanzan los vientos. Estas se ubicarán y orientarán en sentido perpendicular a las corrientes de aire. Además, deberán tener una forma preferentemente trapezoidal. Para ello, se deben utilizar especies arbóreas en la parte central y arbustos de menor talla en los extremos. Se debe procurar que la cortina se conforme con 4 a 10 hileras combinando árboles y arbustos.

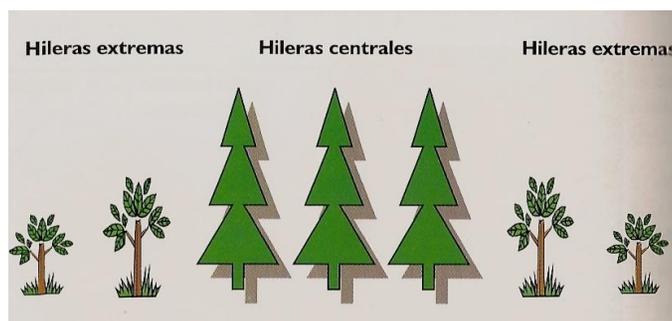


Figura. 50. Formación transversal correcta de una cortina rompevientos.

El ancho de la cortina puede variar entre 6 m y 16 m si el número de hileras varía entre 4 ó 10 hileras y si el espaciamiento entre arbustos y árboles es entre 1.5 y 2.0 m. si éste fuera entre 2 m y 3 m, el ancho de la cortina sería de 9 m +o 23 m, respectivamente.

Las especies arbóreas seleccionadas deberán ser las que alcancen mayor talla, ya que en función de su altura protegerán una mayor o menor superficie. Además, es el parámetro que junto con la velocidad del viento se deberá considerar para determinar el espaciamiento entre una cortina y otra.

El espaciamiento entre árboles y arbustos dentro de la plantación en la cortina es muy importante, ya que siempre será deseable una masa compacta y densa, de tal manera que no permita la filtración del viento. La experiencia práctica ya demostrado que el espaciamiento entre árboles no debe ser mayor a 3 m; mientras que en arbustos no debe ser mayor a 2 m. La variación para menores

espaciamientos estará en función del hábito de desarrollo vegetativo de las especies utilizadas.

El diseño de la plantación dentro de la franja de terreno que conformará la cortina rompevientos deberá ser en “tres bolillo”. Este arreglo tiene ventaja en relación con el de “marco real”, ya que no permite que haya claros entre hileras de árboles en el sentido del viento.

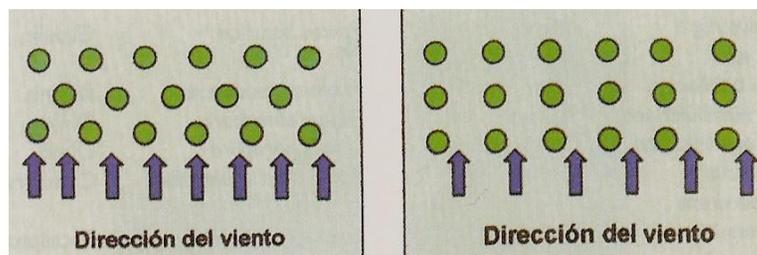


Figura.51. Diseño de plantación en tresbolillo y marco real.

Especificaciones de construcción: Las cortinas rompevientos se construyen para evitar la erosión eólica del suelo o para proteger los cultivos susceptibles a los vientos. Se debe tomar en cuenta la velocidad máxima del viento y la altura que pueden alcanzar las especies seleccionadas para la cortina.

En la Figura 55. Se ejemplifica el comportamiento del viento ante una cortina vegetal. Se tiene una cortina de 10.5 m de altura y una velocidad inicial del viento de 48 km/h (barlovento). Como se observa en la zona de protección de la cortina, la velocidad del viento puede disminuir significativamente hasta 10 km/h aproximadamente, a una distancia de 42 metros (4 veces la altura de la cortina).

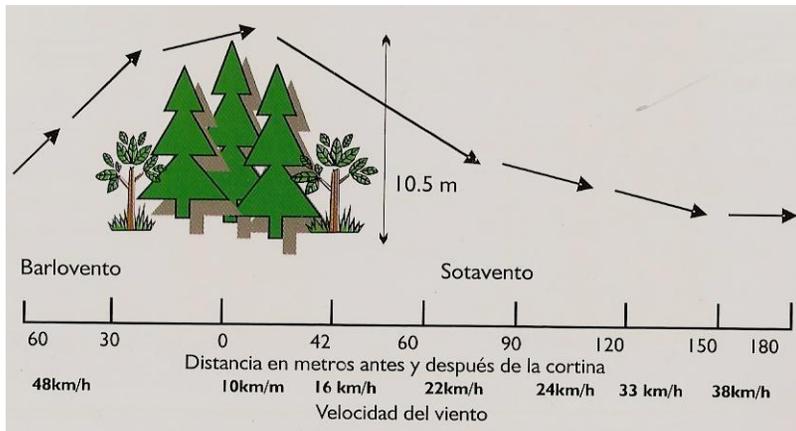


Figura. 52. Comportamiento del viento ante una cortina vegetal.

También se esquematiza cómo cuando aumenta la distancia de la cortina, la velocidad del viento también se incrementa. Cuando se tiene una separación de 60 metros (aproximadamente 6 veces la altura de la cortina), la velocidad del viento aumenta hasta 16 km/h. Sin embargo, a 90 metros de distancia de la cortina, la velocidad del viento se incrementa a 22 km/h y así sucesivamente.

Si se toma en cuenta que la velocidad del viento que provoca el desprendimiento y arrastre del suelo (erosión eólica del suelo) se presenta entre 19 y 24 km/h, la separación entre una cortina y otra deberá ser, en este caso, a una distancia de 60 m (velocidad del viento a 16 km/h).

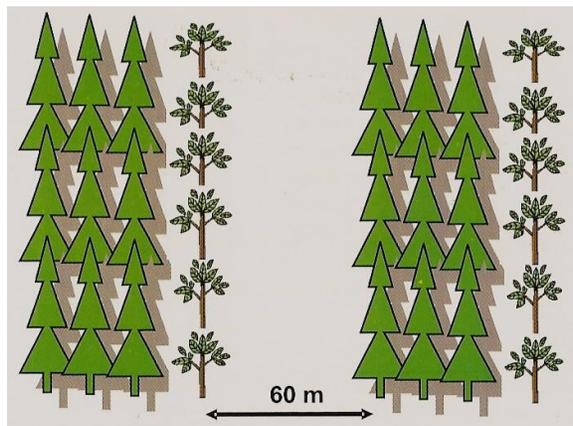


Figura. 53. Distribución de cortinas rompevientos.

Para conocer las velocidades promedio que alcanza el viento para cada zona, pueden consultarse los registros disponibles en las estaciones meteorológicas más cercanas.

La separación entre una y otra cortina estará en función de su altura y la velocidad inicial del viento en barlovento. El caso se puede generalizar si se considera que una cortina con una altura “x” puede disminuir hasta 80% la velocidad del viento en la zona de sotavento, en una franja con un ancho hasta 4 veces “x”. Si a esa distancia la velocidad del viento resulta ser mayor a 19 km/h, será necesario acortar el distanciamiento entre cortinas o seleccionar especies con mayor talla. Es una práctica generalizada el que los espaciamientos entre cortinas sean entre 15 y 20 veces la altura de la cortina. Una desventaja en esta práctica es que conlleva a destinar una buena parte de la superficie cultivada, ya que muchas veces el productor no está de acuerdo en disponer de ello.

Otro problema en el establecimiento de las cortinas rompevientos es la necesidad de regar los árboles al inicio. El agua de riego es un recurso que hay que valorar en esta práctica al igual que se escojan especies forestales que no sean de mucho requerimiento de agua.

Otra manera de ayudar en el establecimiento es colocar hidrogel en las cepas de siembra para ayudar a los árboles a tener disponibilidad de agua en los primeros años. La presentación es en granulado y se recomienda utilizar una tapa de refresco por cepa de árbol.

Mantenimiento: En los primeros años es importante asegurarse del prendimiento de todos los árboles por lo que es importante obtenerlos de viveros de calidad. Es recomendable también limpiar las malezas para que el árbol no tenga competencia por sol, agua y nutrientes y se pueda establecer adecuadamente. Esta práctica también evita que los árboles crezcan torcidos.

4.4.9. PRACTICAS DE CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

La escasez de agua de lluvia y su mala distribución provocan en el Estado de Querétaro grandes áreas con temporales deficientes para la producción agrícola. Aunado a esto cada año aumentan las áreas con problemas de erosión en diferentes grados y que entre otras causas, es debido al mal manejo del agua de lluvia.

Ante estos problemas de falta de agua y la constante erosión de los suelos, es conveniente considerar algunos aspectos relacionados con el mejor aprovechamiento de la precipitación pluvial, situación que se obtiene con algunos sistemas de captación *in situ* de agua de lluvia, mismos que llevan implícitas técnicas que además de aprovechar mejor la lluvia (porque aumenta la cantidad de agua disponible para las plantas), siguen prácticas que ayudan a conservar el suelo, con los consiguientes beneficios.

4.4.9.1. Clave. LLIS.

Sistemas de captación in situ del agua de lluvia.

Definición: Consiste en dedicar una parte del terreno al escurrimiento del agua y otra parte del terreno al almacenamiento del agua que previamente escurrió. Ambas áreas deben estar acondicionadas para que cumplan con sus objetivos eficientemente.

Propósito: Evitar al máximo el escurrimiento superficial con la consecuente pérdida de suelos así como tener humedad suficiente para los cultivos. Este sistema es muy recomendable para zonas donde se cultive frutales como en las zonas manzaneras del Municipio de San Joaquín y Cadereyta. Así mismo, para las zonas de producción de guayaba y durazno.

Condiciones: Este tipo de sistema se puede implementar en cualquier tipo de terreno, siendo más fácil en terrenos con pendientes. La captación in situ del agua de lluvia, se diferencia de la captación general básicamente en tres aspectos:

- a) Porque el sistema de captación se realiza exclusivamente para emplearlo en cultivos básicos, forrajeros, industriales, vegetación nativa y frutales.
- b) Porque el área de escurrimiento, está formada por microcuencas que aportan cantidades adicionales de agua y no tienen que conducirla a grandes distancias, ya que dicha área está adyacente al área destinada al almacenamiento.
- c) Porque el área de almacenamiento es el mismo suelo, en el cual se desarrollan raíces de los cultivos.

Para establecer un sistema de captación de agua in situ, es necesario conocer información sobre: tamaño del área a cultivar, tipo de suelo, topografía, cantidad

y distribución de las lluvias, cultivos (anuales o perennes), así como la disponibilidad de mano de obra y maquinaria.

Es también importante conocer factores socioeconómicos, a fin de hacer viable la inversión que requiere la tecnología.

Criterio de Diseño: Tomando en cuenta los aspectos anteriores se deben de considerar los siguientes criterios:

- 1) Buscar cómo aumentar la eficiencia del área de escurrimiento, es decir, que escurra más agua para que aumente el volumen que llega al área de almacenamiento.
- 2) Buscar como aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo, para que almacene mayor cantidad de agua aprovechable en la zona de raíces.
- 3) Buscar como reducir las pérdidas del agua aprovechable que ha sido almacenada en el suelo, sean éstas, pérdidas por evaporación del propio suelo o por transpiración de plantas indeseables.

Especificaciones de construcción:

Acondicionamiento del área de escurrimiento:

- 1) Limpieza de toda la superficie del área de escurrimiento. Esta se realiza con el fin de eliminar todo impedimento físico que pueda obstruir el libre escurrimiento de agua.
- 2) Compactación de la superficie del área de escurrimiento. Esto se hace con el propósito de evitar al máximo las pérdidas por infiltración del agua en el suelo correspondiente al área de escurrimiento y de que escurra más agua hacia el área de almacenamiento.
- 3) Modificar la pendiente del área de escurrimiento, esto se lleva a efecto si es necesario, para inducir el escurrimiento del agua hacia el área de almacenamiento.

- 4) Aplicar productos artificiales que cubran el área de escurrimiento. Estos productos pueden ser: cemento, láminas de cartón aceitado, ladrillo, polietileno, etc.

Otra manera de acondicionar el área de escurrimiento es hacer una red de canales o zanjas de escurrimiento que lleven el agua a baja velocidad hacia la zona de almacenamiento o siembra. Este sistema era muy utilizado por los incas en Suramérica.

Acondicionamiento del área de almacenaje y siembra:

- 1) Prácticas de labranza en el área de almacenamiento. Estas se realizan para mejorar las condiciones físicas del suelo y para aumentar su capacidad de almacenamiento. Algunas prácticas son: subsoleo, barbecho, rastra y modificación o inversión del perfil, como el que se realiza al sembrar árboles frutales, en donde la capa más profunda del suelo de la cepa se deposita en la parte más superficial y viceversa.
- 2) Adiciones de materia orgánica en el área de almacenamiento y siembra. Estas se hacen con el fin de mejorar la estructura del suelo, aumentar la capacidad de retención de humedad y en consecuencia, la cantidad de agua almacenada. Algunos productos que se pueden adicionar son: abonos verdes, estiércoles, residuos de cosechas, compostas, etc.
- 3) Coberturas sobre el área de siembra. Las coberturas se colocan sobre el área de siembra con el fin de reducir las pérdidas por evaporación de la humedad del suelo. Algunas coberturas que se emplean son: rastrojo, grava o piedra, residuos de cosechas, polietilenos, etc.

Mantenimiento: Hay que hacer supervisiones periódicas tanto el área de escurrimiento como del área de almacenamiento sobre todo después de precipitaciones fuertes. Hay que supervisar que el agua no se desborde de las zanjas o los canales y provoque erosión.

En el área de almacenamiento hay que asegurarse de que no haya síntomas de exceso de agua lo que nos indicaría una deficiencia de drenaje.

4.4.9.2. Clave. LLA.

Uso del sistema AQUEEL.

Definición: El rodillo AQUEEL está formado por un conjunto de ruedas de un material plástico de gran resistencia a la abrasión, originalmente diseñada para la creación de indentaciones en superficies de suelo sueltas. Las indentaciones actúan como mini-reservorios para el almacenamiento del agua de lluvia y son capaces de almacenar hasta un litro de agua, aun si no existiera infiltración en el suelo.

Propósito: el uso del rodillo AQUEEL en combinación con el Multiarado puede ser la alternativa de preparación de los suelos que elimine el uso del arado de discos y la rastra en un solo paso por el terreno.

Con la porosidad creada por el Multiarado en una profundidad aproximada de .40 cm del perfil del suelo y la capacidad de captar el agua de lluvia del rodillo Aqueel en la superficie del suelo, se puede lograr un efecto sinérgico considerable para la conservación del suelo y agua y así lograr un incremento en el rendimiento de los cultivos.

Al combinar estas tecnologías es posible reducir los efectos negativos del uso de arados de discos y vertedera y de las rastras, la cual significa un mejoramiento de la estructura y de la fertilidad del suelo, reducción de la erosión y de los escurrimientos superficiales, aumento de la infiltración del agua de lluvia y en consecuencia un incremento en el contenido de la humedad del suelo, en el uso eficiente de los fertilizantes y en el rendimiento de los cultivos.

Condiciones: Tradicionalmente se ha usado el arado de discos o vertedera como implemento de preparación de suelos, seguido de uno o dos pasos de rastra, con el objetivo de preparar una cama de siembra finamente mullida para la germinación de los cultivos. La experiencia ha mostrado, sin embargo, que “el fin no justifica los medios” y como consecuencia del uso continuo de estas herramientas de inversión y desintegración de los agregados naturales del suelo,

los problemas de compactación, erosión y pérdida del potencial productivo de la tierra se han acentuado notablemente en las zonas agrícolas. Aunado a lo anterior, el incremento en los costos de combustible, mano de obra, implementos y en general de los insumos agrícolas, ha hecho de la agricultura una actividad económicamente incosteable, especialmente en zonas de temporal deficiente donde la falta de agua, de humedad en el suelo, limita considerablemente los rendimientos de los cultivos.

Como alternativa a los sistemas de labranza tradicional de preparación de suelos, el subsoleo o labranza profunda es probablemente la práctica más lógica para el aumento de la infiltración y de la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo.

El subsoleo consiste en la ruptura de las capas compactadas del suelo en el rango de profanidad de 25 a 50 cm sin invertir el prisma del suelo. Esta operación regularmente se realiza antes de la siembra y tiene como objetivo canalizar el flujo del agua de lluvia a zonas más profundas del suelo donde el agua puede ser almacenada para su posterior uso por el cultivo. Sin embargo, la forma en como esta labor se hace es un punto muy importante que merece consideración.

Básicamente existen dos tipos: labranza de corte vertical y labranza de corte horizontal. El concepto de labranza de suelos con corte horizontal tiene un fundamento científico integrado con conocimientos básicos de física de suelos, de diseño de maquinaria agrícola y de la interacción suelo-herramienta bajo la consideración de que el suelo es un cuerpo natural viviente con un componente biológico muy importante. Este nuevo concepto tecnológico está representado en el Multigrado.

Criterio de Diseño: El multiarado, mediante el sistema de corte horizontal-vertical, descompacta y mulle adecuadamente el suelo, dejando una superficie más pareja que el arado de discos o vertedera. Todo esto favorece una mejor

infiltración y almacenamiento del agua. En los períodos de sequía, el suelo permanece húmedo por más tiempo debido al ascenso por capilaridad hacia la superficie del agua almacenada en el suelo. El mejor aprovechamiento y retención del agua en el suelo contribuye a lograr una mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes y otros agroquímicos y finalmente a un incremento en el rendimiento de los cultivos.

La combinación del Multiarado y el rodillo Aqueel puede ser la alternativa de preparación de los suelos que elimine el uso del arado de discos y la rastra en un solo paso por el terreno. Así lo han demostrado pruebas de campo con la combinación de estos dos implementos. De hecho, la idea de usar el mismo rodillo que se adapta al Multiarado con la sembradora y así poder modificar la superficie del suelo para la captación del agua de lluvia desde el momento de la siembra. Con la porosidad creada por el perfil del suelo y la capacidad de captar el agua de lluvia del rodillo Aqueel en la superficie del suelo, se pudo lograr un efecto sinérgico considerable para la conservación del suelo y agua y así lograr un incremento en el rendimiento de los cultivos.

Experiencias: En evaluaciones hechas en parcelas de agricultores cooperantes en el Valle de Cadereyta, Qro., en un proyecto apoyado por la Fundación Produce Querétaro A.C., el rendimiento de frijol durante el ciclo de temporal 2002 se incrementó de un promedio aproximado de 450 a 900 Kg. por hectárea con la tecnología de preparación de suelos del Multigrado, siembra en melgas con tres hileras y el uso del Sistema Aqueel para la captación de agua de lluvia, lo cual, en adición a los otros beneficios mencionados significa un mejor ingreso para los productores.

En evaluaciones hechas durante Agosto del 2003, los terrenos agrícolas con el sistema arriba mencionado presentan una reducción en la compactación de hasta un 50% en comparación con los sistemas tradicionales. Para estas etapas, el contenido de humedad volumétrica en la capa superficial de los 20 cm. era de

aproximadamente 45% en el Sistema Multiarado-Aqueel, comparado con un 20% de humedad en parcelas contiguas con siembra tradicional.

Costo: El sistema ha sido probado científicamente y con productores cooperantes en parcelas comerciales y está listo para ser transferido a los productores de regiones semiáridas que quieran aumentar sus rendimientos reduciendo sus riesgos y minimizando costos. El costo aproximado del equipo combinado del Multiarado y Rodillo Aqueel de 1.50 m es de \$ 50,000 pesos y puede recibir apoyo del programa de Alianza Contigo, por ser un implemento de conservación de suelos y agua.

4.4.9.3. Clave. LLC.

Captación de agua de lluvia in situ con contreo.

Definición: Es la construcción mecánica de bordos, contras o diques de suelo transversales a lo largo de los surcos y a intervalos regulares, convirtiendo al terreno en una serie de huecos, microcuencas o pequeñas presas entre las hileras del cultivo.

Propósito: El propósito es atrapar y retener el agua de lluvia, donde ésta dispone de tiempo suficiente para que se infiltre en el suelo cerca de donde ésta cae, previniendo el escurrimiento superficial y la erosión.

Condiciones: Adecuado para parcelas con poca pendiente o planas como en el Municipio de Tequisquiapan y Ezequiel Montes.

4.4.10. PRACTICAS AGRONÓMICAS DE CONSERVACION DE SUELOS

Este tipo de prácticas involucra la utilización de maquinaria agrícola y son recomendables para la conservación de suelos y la conservación del agua de lluvia en terrenos planos y con pendiente.

Estas prácticas, que son las menos utilizadas son las más importantes, ya que un mal manejo de terreno de cultivo origina la pérdida de suelos y la consecuente erosión. Existen prácticas muy sencillas como el Surcado al Contorno que parecieran ser obvias pero aún son poco utilizadas.

La ventaja de estas prácticas es que son sencillas, implican la utilización de maquinaria especializada, pero esta ya se encuentra en el mercado y es posible obtenerla con apoyos del Programa Federal de Alianza Contigo.

La desventaja de este tipo de prácticas es que implican la formación de los productores, el que conozcan mejor sus suelos, las características de las plantas que cultivan, de las malezas, de las plagas y enfermedades para obtener un máximo beneficio de ellas.

4. 4.10.1. Clave. ACN.

El cultivo en contorno.

Definición: Esta práctica siempre es recomendable para la conservación del suelo y del agua y consiste en el trazado de los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural de los surcos en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno, siguiendo curvas a nivel.

Propósito: Evitar la pérdida de suelos ya que al sembrar con surcos contra pendiente se reduce la velocidad de las escorrentías, se promueve una mayor infiltración del agua lo que aumenta la humedad disponible para las plantas, se disminuye la erosión laminar de los suelos logrando con esto la pérdida de suelos en terrenos agrícolas.

Condiciones: El cultivo en contorno da sus mejores resultados en campos con pendiente uniforme de hasta el 5% y con una o dos direcciones; resulta poco práctico y no recomendable en terrenos muy pesados (arcillosos) o en terrenos cuya topografía es irregular y con grandes variaciones de pendiente.

Los cauces empastados tienen que utilizarse, en conjunción con el cultivo en contorno, en todos los drenes o conductos de desagüe en los que tienden a abrirse cárcavas o barrancas.

Criterio de Diseño: Lo primero que ha de hacerse para el cultivo en contorno, consiste en localizar y trazar la línea que sirva de guía a la curva de nivel que tenga una cota o elevación casi constante. Todos los trabajos de siembra y de labor deberán llevarse a cabo a partir de esta línea de guía. En un campo relativamente pequeño, o con una pendiente uniforme, sólo se necesita, por lo general, una sola de estas líneas de guía. En pendientes largas, o en campos con pendientes desiguales, se necesitará más de una línea guía, para impedir que al hacerse las labores, éstas salgan del contorno establecido.

Para localizar la primera curva de nivel que habrá de servir de guía en una pendiente, la práctica usual consiste en ascender al punto más alto del campo, y luego desde este punto directamente, pendiente abajo, recorrer caminando 25 a

30 metros, según sea la inclinación de la pendiente. En bajadas largas y suaves, la primera curva de nivel puede ser la situada a 50 metros o más, medidos desde la cima de la ladera. En pendientes más acentuadas, la distancia hacia abajo habrá de ser menor. Si no se necesita más que una sola línea, comúnmente se traza a mitad de la ladera.

Puesto que todos los surcos en los que se habrá de sembrar serán paralelos a la línea de guía, una pendiente larga hará necesarias otras líneas más de guía, para evitar que los surcos se desvíen demasiado del contorno.

Después de que se ha definido y marcado la primera línea de guía con estacas, la nivelación inicia de esos puntos. Esto se puede hacer con el Aparato "A" o con el nivel de Manguera. Una vez trazada debe emplearse un arado y otro implemento de labranza para marcar de modo más definido las líneas trazadas. Un surco poco profundo será visible durante mucho más tiempo que una hilera de estacas.

Si el campo tiene más o menos la misma pendiente o inclinación, a todo lo largo de la curva de nivel propuesta, y no tiene más de 90 metros desde lo alto de la pendiente hasta el pie de la misma, en tal caso servirá una curva de nivel situada a un tercio de la distancia pendiente abajo, desde la cima. Si la bajada tiene más de 90 metros de longitud, la línea de guía debe situarse a 45 metros de la cima y debe hacerse uso de otra curva más de nivel a cada 60 metros mas abajo.

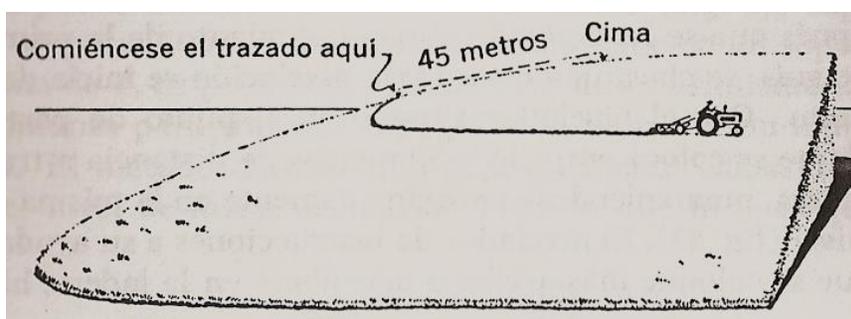


Figura. 54. Trazado en una pendiente que es regular y uniforme.

Si la pendiente es irregular, hay que ir hasta el lugar más empinado y comenzar la primera curva de nivel, aproximadamente a un tercio pendiente abajo, o a 45 metros, si la rampa tiene más de 90 metros de longitud. Otra curva más debe

utilizarse aproximadamente cada 60 metros pendiente abajo, si ésta es suficientemente larga para hacerlo así.

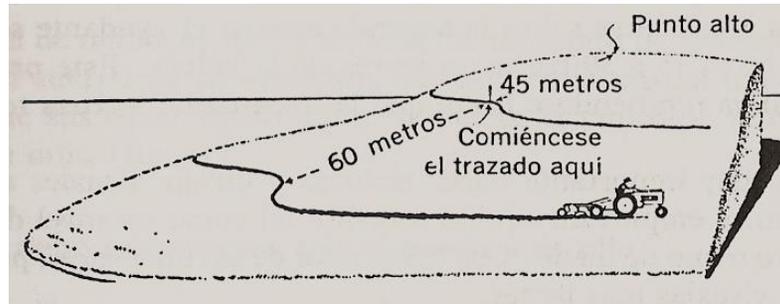


Figura. 55. Trazado en pendientes irregulares.

Si en lo alto de la cresta hay una depresión, debe comenzarse a trazar la primera curva de nivel a unos 45 metros aproximadamente más abajo del fondo de la depresión. Pueden hacerse necesarias otras curvas más arriba, para las extensiones situadas a los lugares altos.

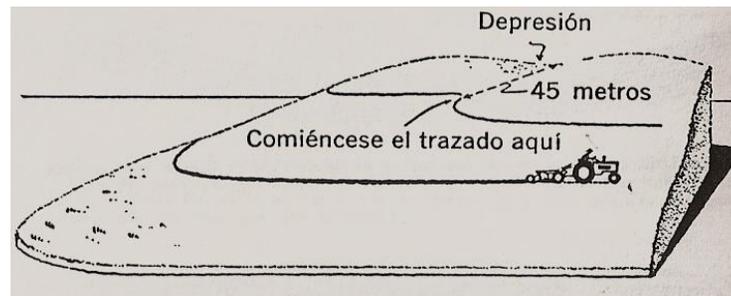


Figura. 56. Trazado para pendientes con una depresión.

Especificaciones de construcción:

Labranza en contorno: Aunque son muchos los campos que se preparan para sembrar en contorno, después de que el terreno ya se ha barbechado y preparado, los beneficios totales del cultivo en contorno no se logran, a o ser que todas las labores se hagan siguiendo las curvas de nivel. Esto quiere decir que la

primera operación deberá ser barbechar el campo siguiendo las curvas de nivel o el contorno.

La mejor manera de empezar consiste en comenzar haciendo un contrasurco en cada una de las curvas de nivel trazadas, y luego trabajar siguiendo su contorno hasta que las superficies barbechadas tengan aproximadamente 30 metros de anchura, o hasta que la pasada final sea demasiado larga.

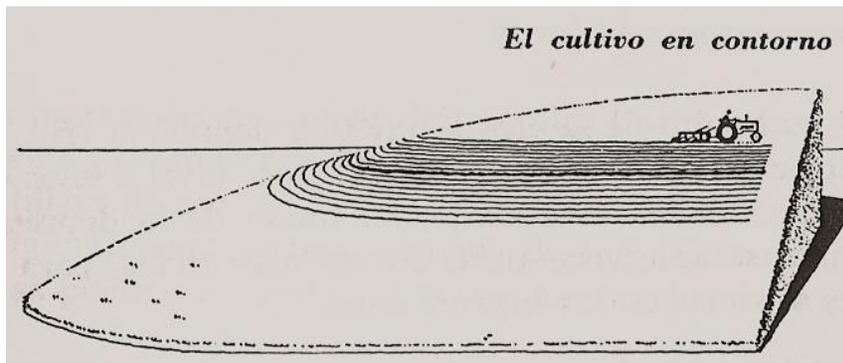


Figura. 57. Primera línea para comenzar el barbecho.

Siembra en contorno: Al preparar el terreno para la siembra, y al sembrar cereales de grano pequeño y cultivo en surcos como el maíz o el frijol, se debe seguir con el mismo plan que para el barbecho.

Para comenzar la siembra, sígase la línea de guía de la curva de nivel más alta, y siémbrese subiendo la pendiente hasta dejar sembrada toda la parte superior de ella. A continuación, comiéndose en el lago inferior de la misma línea de nivel y siémbrese hasta llegar a la mitad de la distancia que la separa de la siguiente línea trazada más debajo de la pendiente, en el lugar en que la distancia sea menor o más estrecha. Luego comiéndose en la segunda línea de curva de nivel, y siémbrese pendiente arriba, hasta que se llegue a los surcos de la parte más estrecha. Acábase sembrando en los surcos más cortos.

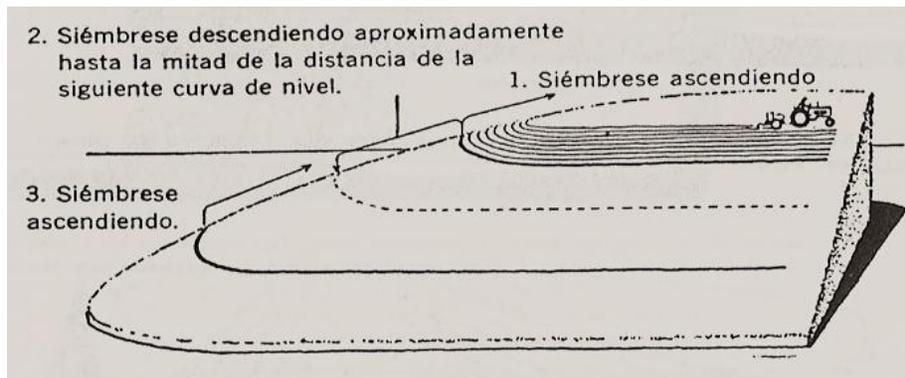


Figura. 58. Siembra de cultivos en surco.

4.4.10.2. Clave. ALC.

Labranza de conservación ó labranza cero.

Definición: Se define como una técnica de cultivo en la que no se aran los campos o en un sistema de producción que consiste en el uso y manejo de los residuos de la cosecha anterior de tal forma que cubra al menos el 30% de la superficie del suelo (matillo) con la menor remoción posible de suelo.

Propósito: El principio fundamental de la Labranza de Conservación es la cobertura o mantillo del suelo con rastrojos de las cosechas de los cultivos anteriores, los cuales tienen un efecto decisivo en evitar la erosión, disminuir la presencia de malezas y preservar la fertilidad del suelo.

Condiciones: Implica un nuevo enfoque integral de la agricultura orientado a la competitividad y preservación de los recursos, partiendo de un cambio de mentalidad para dejar el viejo paradigma del arado. Es necesario el uso de maquinaria especializada tal como sembradoras de Cero Labranza, dispersadoras de rastrojos y el uso de herbicidas de bajo impacto ambiental.

Aspectos a considerar para el establecimiento del sistema: Hay tres aspectos generales importantes a considerar:

- d) La cantidad, naturaleza, distribución de los residuos que determinarán el porcentaje de cobertura, el espesor y homogeneidad del mantillo, considerando que la siembra puede realizarse antes o después del desvare. En zonas de alta precipitación donde el exceso de humedad sea un problema, puede no desvararse, lo mismo que en zonas de fuertes vientos donde puede recomendarse solamente doblar el residuo para evitar el arrastre e incrementar la cobertura.
- e) Las malezas presentes antes de la siembra son un problema que debe ser resuelto debidamente para así asegurar el mejor establecimiento del cultivo. Pueden ser usados métodos mecánicos

y/o químicos de control, procurando economía y protección al ambiente.

- f) La presencia y estado de surcos, bordos o melgas para la conducción del agua de riego por gravedad es de suma importancia pero carente de ella en el temporal. Sobre todo si no son usados con fines de manejo de escorrentías. Tomar en cuenta que el surcado incrementa la superficie de contacto con el aire y de exposición, lo que incrementa la evaporación.

Maquinaria: La maquinaria tiene que cumplir con dos principales características, la primera es la capacidad de penetración. Esta la debe penetrar la capa de residuos para colocar la semilla; esto se realiza por medio de un disco abridor que va en la parte frontal del cuerpo de la máquina, esta hace las funciones de tres aparatos usados en la labranza tradicional, los cuales son: arado, rastra y cincel de sembradora.

Las máquinas que se utilizan son pesadas y de arrastre para poder abrir eficazmente la capa de residuos del suelo, no van enganchadas en los tres puntos del mecanismo hidráulico del tractor, aunque la potencia necesaria para tirar de ellas es mínima, debido a que se mueve muy poca cantidad de suelo y por lo tanto es menor el uso de energía además de que la cantidad de superficie sembrada por jornal es mucho mayor. Esto implica un menor costo de mano de obra así como el tiempo de labores de siembra se ve drásticamente reducido.

Fertilización: La Labranza de Conservación permite manejar los fertilizantes tanto en aplicaciones superficiales como incorporadas, sin mostrar diferencias significativas en el rendimiento.

Las experiencias muestran que es necesaria la aplicación adicional de nitrógeno en aquellos terrenos en los que se va a iniciar el sistema a razón de un 20% adicional al tratamiento normal que se aplica, (un saco de urea por hectárea), ya

que ese nitrógeno será utilizado por los microorganismos facilitadores de la descomposición de la materia orgánica en el incremento de sus poblaciones, esta práctica solo se realizará durante dos o tres ciclos, después ya no es necesario.

Para incrementar la eficiencia en la aplicación del fertilizante en el sistema de labranza de conservación se recomienda:

- a) El fertilizante debe aplicarse cuando el suelo esté húmedo y debe quedar bajo la capa de residuos y tapado por la máquina sembradora.
- b) Las aplicaciones de fertilizantes en banda (a lo largo de la línea de plantas) funcionan mejor porque dan una mayor concentración del producto cerca de la raíz de la planta. Se debe de ajustar la sembradora para que el fertilizante no quede en contacto con la semilla para evitar daños parciales o totales.
- c) La mezcla de fertilizantes es un producto integrado de dos o más fertilizantes mezclados mecánica o manualmente pudiendo ser identificados a simple vista por la diferencia de color y tamaño de las partículas. La preparación de mezclas de fertilizantes es un proceso relativamente sencillo que consiste en combinar materiales con la misma presentación, por ejemplo granulados con granulados y polvos con polvos.
- d) Los mejores resultados se obtienen aplicando los fertilizantes nitrogenados (urea, sulfato de amonio, nitrato de amonio) en dos aplicaciones.
- e) La segunda aplicación del fertilizante nitrogenado en labranza convencional, se hace normalmente en la escarda de los cultivos de maíz y sorgo de los ciclos primavera-verano y del trigo de invierno. En el caso de labranza de conservación esta aplicación se hace aproximadamente entre 30 y 40 días después de la siembra.

Fertilización orgánica: Los fertilizantes orgánicos (estiércoles y compostas) además de aportar un buen nivel de materia orgánica también proporcionan nutrimentos que la planta necesita. La materia orgánica aumenta la disponibilidad de nutrimentos así como el suministro de agua y aire para que la planta pueda

realizar sus funciones adecuadamente. Tener buenos niveles de materia orgánica en el suelo significa comprar menos fertilizantes. Sin embargo, aumentar la materia orgánica en el suelo toma tiempo y lo mejor para fertilizar los cultivos es ir adicionando fertilizantes orgánicos sin dejar de utilizar el fertilizante químico. Conforme mejores la fertilidad del suelo, se puede disminuir la dosis de fertilizante químico nitrogenado.

Control de malezas: El sistema Labranza de Conservación requiere de un cuidado especial en el aspecto de control de malezas. A menudo se piensa que eliminar labores de preparación y escardas conlleva necesariamente a un uso excesivo de herbicidas, lo que no es exactamente cierto aunque definitivamente son una herramienta valiosa que debe ser usada con responsabilidad y cuidado. Childs refiere que un campo manejado con Labranza de Conservación no necesita ser un campo lleno de malezas, sino que se necesita tener un manejo responsable de herbicidas poniendo atención al detalle: tipo de maleza, las tendencias del clima, los patrones de cultivo, tipo de suelo, etc. para así controlar la población de malezas sin afectar el medio ambiente.

Las experiencias en el Bajío han demostrado que la incidencia de malezas tiende a disminuir fuertemente en los predios en los que se ha dejado de laborear y en los cuales se ha estado usando el sistema de Labranza de Conservación. Esta reducción se observa marcadamente en malezas de hoja ancha y angosta de tipo anual.

Las malezas perennes de hoja angosta, por el contrario, tienden a incrementarse conforme avanza el número de ciclos sin laboreo, por lo que este será el principal problema de malezas, sin que este sea una limitante para llevar a cabo el sistema.

Los agentes para el control pueden ser físicos, químicos y biológicos. Los primeros incluyen el uso de herramientas manuales y de implementos de tracción mecánica o animal de uso común y especializados tales como cultivadoras de Labranza de Conservación.

Pasos para su implementación:

10. La labranza primaria se hace moviendo la menor cantidad de suelo, evitando voltearla y dejando un mínimo de suelo expuesto y conservando la cama de residuos.
11. La siembra se lleva a cabo con labranza primaria, preparando la superficie del suelo donde se deposita la semilla, la fertilización es aplicada al momento de la siembra, la labranza secundaria es opcional y depende del tipo de control de malezas, ya sea integrado o químico. También depende del sistema de riego con el que se cuenta.
12. El control de malezas se hace con químicos pero se pueden utilizar escardas, esto depende del régimen de riego al que se someta al cultivo, se pueden o no, colocar surcos limpios para la aplicación de riego por gravedad o sistemas de presión o si es de temporal.
13. La cosecha se realiza procurando dejar en el suelo la mayor cantidad de residuos de cosecha para formar, mantener y fomentar la cama de residuos.
14. Los residuos de cosecha sombrean el suelo y forman una barrera física para evitar la evaporación del agua y se forme un microambiente entre el suelo y la cama, esto disminuye la pérdida de humedad, se reduce la temperatura del suelo y se evitan corrientes de aire sobre la superficie del suelo directamente.

4.4.10.3. Clave. AMOA.

Incremento de materia orgánica con abonos verdes.

Definición: Es una técnica que permite mantener la cobertura vegetal la mayor parte del año sobre las áreas de cultivo sembrando especies o permitiendo vegetación espontánea nativa que no compita de manera temporal o espacial con el cultivo principal y ayude a mejorar las características del suelo.

Propósito: La aplicación de abonos verdes en los terrenos agrícolas, se realiza con las finalidades siguientes:

- a) Agregar materia orgánica
- b) Mantener y mejorar la fertilidad de los suelos.
- c) Reducir la erosión.
- d) Aumentar la capacidad de retención de la humedad en el suelo.
- e) Disminuir los escurrimientos superficiales.
- f) Reducir algunas veces la incidencia de nemátodos en el suelo.

Efectos favorables: Los efectos del abonado verde no acaban en el aspecto nutricional sobre el vegetal, sino que alcanzan a todos los componentes con influencia en la fertilidad global del suelo agrícola, como son los siguientes:

1. Estimulan de forma inmediata la actividad biológica y mejoran la estructura del suelo por la acción mecánica de las raíces, por los exudados radiculares, por la formación de sustancias prehúmicas al descomponerse y por la acción directa de las células microbianas y micelios de hongos.
2. Protegen al suelo de la erosión y de la desecación durante el desarrollo vegetativo y mejoran la circulación del agua en el mismo.
3. Aseguran la renovación del humus estable, acelerando su mineralización mediante el aporte de sustancias húmicas más activas y por el aumento de la actividad microbiana.

4. Enriquecen al suelo en nitrógeno, si se trata de leguminosas, e impiden, en gran medida, la lixiviación del mismo y de otros elementos fertilizantes.
5. En su descomposición se liberan o sintetizan sustancias orgánicas fisiológicamente activas que tienen una acción favorable sobre el crecimiento de las plantas y su resistencia al parasitismo.
6. En los sistemas cerealistas aseguran una mejor descomposición de la paja del cereal al mantener el medio más húmedo, equilibrar la relación C/N y activar los microorganismos responsables de la misma.
7. Limitan el desarrollo de malas hierbas, directamente por el efecto de la cubierta vegetal en sí misma e indirectamente porque ciertos abonos verdes tienen poder desherbante, como el alforfón (*Fagopyrum esculentum*).

Especies vegetales a utilizar: La planta que se pretenda utilizar como abono verde, debe incorporarse al suelo en condición succulenta (es decir, verde), ya que en ese momento contiene una cantidad de agua conveniente para acelerar los procesos de descomposición. Lo contrario sucede cuando la planta que se incorpora está seca o es de constitución leñosa.

Aunque se pueden utilizar un número considerable de especies vegetales, como abonos verdes, las tres familias de plantas más utilizadas para tal fin son las leguminosas, las crucíferas y las gramíneas.

- a) Leguminosas: Son las más empleadas dada su capacidad para fijar nitrógeno atmosférico a favor de los cultivos siguientes. Se emplean principalmente las especies de trébol blanco enano (*Trifolium repens*), trébol violeta (*Trifolium pratense*), veza vellosa (*Vicia villosa*), y habas (*Vicia faba*).
- b) Gramíneas: Se siembran casi siempre para abono verde en asociación con leguminosas lo cual permite obtener una masa de vegetación mayor que

con las leguminosas solas, quedando, por tanto, mejor ocupado el terreno. Se emplean principalmente centeno (*Secale cereale*), la cebada (*Hordeum sativum*), la avena (*Avena Sativa*), el raygrass (*Lolium multiflorum*) e incluso el pasto de Sudán (*Sorghum sudanensis*).

- c) Crucíferas: Tienen un desarrollo muy rápido, proporcionando un buen abono verde cuando se dispone de poco tiempo entre cultivos. Son capaces de utilizar las reservas minerales mejor que la mayor parte de las plantas gracias a la longitud de su sistema radicular, acumulando importantes cantidades de elementos en sus partes aéreas que luego serán devueltas al suelo. Las especies más utilizadas son el nabo forrajero (*Brassica napus var. Oleífera*), la mostaza blanca (*Sinapsis alba*) y el rábano forrajero (*Raphanus raphanistrum*).

En el Estado de Querétaro se recomienda el trébol Huban (*Melilotus alba*) y la veza o ebo (*Vicia villosa*).

Consideraciones: Aunque el cultivo de las plantas para abono verde no presenta grandes diferencias con el mismo para su aprovechamiento para grano, se deben tener presente aspectos como:

- Utilizar mayor densidad de siembra –de 20 a 50% más para abonado verde.
- Efectuar la siembra en terrenos de temporal cuando se inicie el período de lluvias, con el fin de lograr un buen desarrollo del cultivo. En áreas de riego para su siembra, se debe tomar en cuenta: la fecha en que se disponga de agua no utilizada por otros cultivos, las épocas de siembra y cosecha de éstos, y la selección de la especie adecuada a la zona.
- Incorporarlo al suelo en un estado avanzado de vegetación, preferentemente en la floración o justo al inicio de la misma.
- Hacer la incorporación superficialmente pasados unos días del corte -3 a 4 según clima y residuo-, siendo preferible utilizar una picadora

de restos de cosecha o, en su defecto, la grada de discos que pica la vegetación y al mismo tiempo produce un pequeño volteo de la tierra; posteriormente los restos ya mas descompuestos se mezclan en el suelo con un cultivador entre 10 y 15 cm.

- A veces es conveniente aportar sobre el abonado verde los fertilizantes destinados para el cultivo siguiente, o bien, si se va a estercolar, realizar el aporte al mismo tiempo que se va a incorporar el abonado en verde –una vez seco y picado.

4.4.10.4. Clave. AMOE.

Incremento de materia orgánica con estiércoles.

Definición: Es la aplicación de estiércoles sólidos o líquidos para mejorar la fertilidad de suelos agrícolas.

Propósito: Aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y así lograr una mejor estructura del suelo lo que ayudará a prevenir la pérdida de suelos por erosión.

Condiciones: Los estiércoles se pueden dividir en tres tipos:

- a) Los estiércoles pastosos, que proceden de la cría de ganado en alojamientos individuales con una utilización reducida de paja de 1.5 a 2 kg por animal y día o sin paja. La recuperación es a menudo difícil, en particular cuando la paja no está triturada.
- b) Los estiércoles sólidos procedentes de establos en los que la paja no está aún descompuesta, utilizándose más de 2 kg de paja por animal y día. El estiércol producido puede ser muy denso y bastante pastoso.
- c) El estiércol sólido procedente de la estabulación libre “empajada”. Se trata de estiércol sólido acumulado que va recibiendo parte de las deyecciones en el mismo lugar y durante varios meses. Este estiércol fermenta y es más o menos denso en el momento de la recuperación.

Cuadro.13. Producción media de estiércol por especie.

ESPECIE	ESTIÉRCOL (kg/cabeza x día)
Bovina	36.5
Ovina	2.5
Caprina	2.5
Porcina	4.6
Aviar	0.10

Fuente: Adaptado de Rabal (2001)

Los estiércoles también pueden definirse cualitativamente como “frescos” si puede identificarse en ellos la composición de la cama y las deyecciones; “maduros”, si están muy fermentados, siendo imposible identificar las camas, y “semihechos”, que es un estado de maduración intermedio. Landry et. al. (2004) refiere que hay similitud de características entre el estiércol de cerdo y el estiércol de gallina. El estiércol más diferentes a todos es el estiércol de caprinos por la cantidad de paja que contiene.

Cualquiera que sea el tipo de estiércol supone a menudo la producción de un líquido denominado vulgarmente como “jugo de estiércol”, que puede proceder de los orines sobrantes no absorbidos o de los líquidos procedentes de la fermentación. Este líquido está cargado de compuestos minerales solubles y sustancias fitoactivas, y aunque se puede utilizar para fertilizar directamente el suelo o regar los montones de composta, también puede ser causa de graves problemas ambientales.

Consideraciones para el uso del estiércol: La composición y la textura del estiércol sólido variarán entre límites amplios, dependiendo fundamentalmente del sistema de explotación, de la clase de ganado, de la naturaleza de la cama, de su elaboración y su manejo –fermentación, conservación-, etc. Por lo tanto, una correcta utilización del estiércol se inicia con un buen conocimiento de las variables anteriores:

- La especie y la raza del animal caracterizarán la composición del estiércol y la cantidad. La edad también influye, de manera que los animales jóvenes producen deyecciones más acuosas y más pobres en elementos minerales.
- El régimen alimentario y de manejo del ganado son fundamentales: si abundan los forrajes, las deyecciones serán más ricas en nitrógeno; si abundan raíces y tubérculos estarán más enriquecidos en potasa. Por otra parte, hay mayor concentración de elementos

minerales en las deyecciones de animales en estabulación permanente.

De acuerdo con Andraski et al. (2003) la incorporación de estiércoles a los campos de cultivo puede llevar a pérdidas incrementadas de fósforo por lo que hay que estar pendiente de la falta de este nutriente en los cultivos.

Manejo adecuado del estiércol: Todas las técnicas de maduración deben procurar favorecer la mineralización del estiércol, disminuyendo las pérdidas. En base a esto se sugiere que el montón debe hacerse y compactarse fuertemente a los 2 ó 3 días de realizado para evitar que continúe la fermentación aeróbica oxidativa iniciada y haya pérdidas de nutrientes. Con esta compactación, la bioquímica del proceso es anaeróbica (en ausencia de aire), durando la evolución del mismo de 2 a 3 meses hasta la maduración del material. Este proceso también se puede hacer en una fosa hasta la maduración, manteniéndolo en condiciones anaerobias.

Para las condiciones del Estado de Querétaro se recomienda la práctica denominada “compostaje” para madurar el estiércol. Mediante esta técnica se favorece la formación de un material prehumificado, fácilmente mineralizable y con una importante carga bacteriana beneficiosa.

El método tradicional consiste en construir el montón de estiércol con una mezcla homogénea del mismo, regarlo sólo si es necesario –bien con agua o con purines–, ya que debe mantener una humedad equilibrada para las exigencias del metabolismo microbiano y no compactarlo, de manera que se produzca una fermentación aerobia (en presencia de aire), durante todo el proceso. Si fuera preciso, por irregularidades en la evolución del compostaje, para airear la mezcla o bien para reanudar el proceso de maduración, se dará algún volteo al montón. Este proceso de maduración dura de 3 a 6 meses o incluso más, dependiendo del manejo y de las características del material de partida.

Cuadro.14. Recomendaciones generales sobre el manejo del estiércol.

UBICACION	RECOMENDACIONES
Estercolero	<ul style="list-style-type: none"> - Conviene que el suelo sea impermeable y, al igual que la cuadra, disponga de una foseta para la recogida de purines y las aguas de riego o lluvia. - el riego del montón de estiércol debería hacerse con los propios purines para aprovechar mejor los elementos fertilizantes. - El montón de estiércol debe airearse y regarse, según nos indique la evolución de la fermentación, teniendo presente que estamos haciendo un proceso parecido al compostaje de otros residuos orgánicos. -El clima de la zona nos impondrá los períodos de riego, la orientaciones del montón y si debe protegerse o no.
Campo	<ul style="list-style-type: none"> -No conviene dejarlo esparcido mucho tiempo en pequeños montones, es preferible mezclarlo con la tierra mediante una labor somera –unos10 o 15 cm- tan pronto se haya transportado. Su distribución en el campo será lo más homogénea posible. -Si el estiércol es fresco debe mezclarse superficialmente en el terreno, con un tiempo anticipado de 4 a 6 meses antes de la siembra y con unas buenas condiciones de temperatura y humedad. -Los estiércoles denominados “fríos”, como vacuno o porcino, son lentos, exigiendo una anticipación de 3 a 4 meses a la siembra. Los denominados “calientes”, como equino, ovino, aves, son más rápidos, siendo suficiente un plazo de 1 a 2 meses. -En general, es necesario esparcirlo pronto; si es posible durante el invierno, de forma que su descomposición se encuentre muy avanzada en el momento de la siembra o plantación. -La cantidad a aportar dependerá de la clase de suelo, características del estiércol, disponibilidad del mismo y lugar que ocupan los cultivos en la rotación. Tendremos presente el correspondiente balance de materia orgánica, pudiendo aplicar dosis de conservación o dosis de corrección. -En suelos calizos, que movilizan rápidamente la materia orgánica, la aplicación del estiércol debe ser frecuente, y débil en suelos con tendencias a la acidez; las estercoladuras deben acompañarse con enmiendas calizas según el pH del suelo, pero nunca se realizarán al mismo tiempo que la aplicación del estiércol, ni de manera total, es decir, no se deberá subsanar la carencia en el primer año. -Si el terreno es fuerte arcilloso, se aplicarán estiércoles muy

	hechos y en cantidad. En suelos ligeros arenosos, las estercoladuras serán más frecuentes, pudiendo ser menos abundantes y con estiércol menos hecho.
--	---

Fuente: Labrador Moreno, J., 2001.

Si el nivel de materia orgánica es adecuado se hacen aplicaciones de estiércol de “conservación”, pero si los niveles son bajos se hacen aplicaciones de “corrección”.

Cuadro.15. Cantidades de estiércol y frecuencia de aporte en condiciones medias.

CLASE DE SUELO	DOSIS DE CONSERVACION	DOSIS DE CONSERVACION + CORRECCION.
Arenosos	15 a 20 ton/ha (cada 2 años)	20 a 25 ton/ha (cada 2 años)
Francos	25 a 30 ton/ha (cada 3 años)	30 a 35 ton/ha (cada 3 años)
Arcillosos	30 a 40 ton/ha (cada 3 años)	40 a 50 ton/ha (cada 3 años)

Fuente: Urbano Terrón (1988)

4.4.10.5. Clave. AMOL.

Incremento de materia orgánica con lombricomposta.

Definición: Es la aportación de lombricomposta a los suelos para incrementar la cantidad de materia orgánica del mismo.

Propósito: Aumentar la cantidad de materia orgánica en el suelo y así lograr una mejor estructura del suelo lo que ayudará a prevenir la pérdida de suelos por erosión.

Condiciones: La lombricomposta es el resultado de la transformación de materiales orgánicos por una lombriz común en los estercoleros, *Eisenia foetida*, *Lumbricus rubellus* o híbridos próximos, hoy comercialmente denominada “lombriz roja de California”.

Las diferencias más notables con la lombriz de tierra común *Lumbricus terrestris* es su menor prolificidad, no admite grandes densidades y es fisiológicamente distinta. Estas diferencias –que no han impedido a la lombriz común mejorar las condiciones de nuestros suelos de cultivo y enriquecerlos durante años –están provocando en muchos sitios su desaparición principalmente por el uso intensivo de agroquímicos.

Acción en el suelo: Mejoran la estabilidad de los agregados, estabilizando los materiales minerales y orgánicos, por la acción de los microorganismos que se desarrollan en las heces y fuera del intestino, por el calcio secretado y por compuestos prehúmicos originados con la biodegradación y que actúan como cemento de las partículas minerales, dando una mayor resistencia del agregado y una mejora de la retención hídrica; finalmente también remueven el suelo y originan pequeñas galerías, con lo que actúan positivamente sobre la conductividad hidráulica, el drenaje y la porosidad.

4.4.10.6. Clave: APOLY

Utilización de polyacrylamidas (PAM) y yeso.

Definición: Es la incorporación de polyacrylamidas (PAM) y yeso al suelo para mejorar su estructura en suelos afectados por sales y sodio intercambiable.

Propósito: La rehabilitación de suelos afectados por sales y sodio intercambiable. Rehabilitación de suelos encostrados o con baja tasa de infiltración. También se utiliza para aumentar el porcentaje de prendimiento en siembras de árboles frutales o forestales.

Condiciones: Los elevados contenidos de sales y sodio de cambio influyen en las características físicas del suelo dificultando el desarrollo de los cultivos. El mecanismo de hinchamiento de los coloides del suelo, causado por el sodio de cambio, afecta a su estructura debido al aumento del grosor de la capa de agua ligada a las partículas, haciendo que las mismas se separen entre sí, provocando la dispersión de las arcillas. Este proceso es el principal responsable de la disminución de la estabilidad estructural, lo que influye en la reducción de las tasas de infiltración y conductividad hidráulica del suelo, (Shainberg et al., 1981) lo que ocasiona encostramiento e incremento del riesgo de erosión.

La formación de esta costra superficial es ocasionada por mecanismos físicos o químicos que dispersan los agregados en partículas finas, las cuales pueden sellar la superficie del suelo, infiltrarse o ser removidos en los escurrimientos.

Para la rehabilitación de suelos afectados por sales y sodio intercambiable, se debe dar especial atención a sus características físicas, utilizándose prácticas de manejo capaces de mejorar la estabilidad estructural, y como consecuencia, las tasas de infiltración y conductividad hidráulica del suelo. (Richards.1973).

La forma de actuar de los acondicionadores de suelos es frecuentemente descrita por su capacidad de promover la floculación de las arcillas dispersas y aumentar la estabilidad estructural de los agregados. Según Mitchel (1986), la aplicación de 32,2 kg/ha de poliacrylamida redujo la dispersión de arcilla, la formación y resistencia de la costra superficial, y aumentó la estabilidad de los agregados en un 45.2%.

El adicionar yeso a un suelo disminuye la erosión al liberar electrolitos a un agua de lluvia con bajos electrolitos para crear una condición de suelo floculado en la superficie.

La tasa de infiltración es afectada significativamente por la concentración de electrolitos y sodio intercambiable en la solución de suelo cerca de la superficie. (Levy, 1996; Gal et al., 1984).

Los principales beneficios de estos productos se ven reflejados en un mejoramiento en la emergencia de las plantas, infiltración, porosidad, drenaje, capacidad de retención de agua y conductividad hidráulica. Como resultado de lo anterior, el riesgo de erosión y pérdida de agua por escurrimientos y evaporación se reduce.

Criterios de implementación: Se ha comprobado que es sumamente difícil aplicar el PAM en presentación granulada sobre el terreno por lo pequeño de la dosis (20 kg/Ha) lo que hace sumamente difícil su distribución uniforme. Por esta razón se recomienda mezclarlo con yeso (4 Mg/ha) para lograr una mejor distribución. En las pruebas referidas por Jian Lu, T. et. al. (2003) la presencia de yeso previno el colapso de los agregados en proporción con la cantidad de yeso adicionada. Entre más yeso menos colapso de los agregados. El tamaño de los poros está correlacionado con el tamaño de los agregados y no con la textura del suelo. Cuando el agua de lluvia se pone en contacto con la mezcla de PAM seco y yeso, el yeso se disuelve y aumenta la concentración de electrolitos en la solución del suelo. Con este incremento de electrolitos en la solución de suelo, las fuerzas repelentes entre cargas negativas sobre el polímero aniónico disminuyen

y hay una mejor estabilización de los agregados superficiales lo que previene la formación de capas impermeables.

Recomendaciones para la utilización de PAM en la reforestación:



Figura.59. Excavación de la cepa de siembra.



Figura.60. Se coloca el árbol dentro de la cepa.



Figura.61. Se mezcla el PAM con el yeso y una parte del suelo.



Figura.62. Se regresa la mezcla de suelo y mejoradores a la cepa.



Figura.63. Regar cada cepa llenándola con agua hasta el nivel del suelo..

4.4.11. PLANTAS NATIVAS PARA LA CONSERVACIÓN DE SUELOS.

A continuación se presenta un Cuadro con una serie de plantas nativas que pudieran utilizarse como material para los cercos vivos, las terrazas, para reforzar las presas, estabilizar laderas y para reforestar. La información fue tomada del libro de la Dra. Terrones, (Terrones et.al. 2004) tomándome la libertad de solo incluir información útil para tomar una decisión sobre que tipo de material vegetativo utilizar para la conservación de suelo y agua. En el Anexo 3, (archivo electrónico), se incluye mayor información de las plantas seleccionadas así como información sobre practicas de propagación y manejo.

Es necesario recalcar la necesidad de que se utilicen materiales nativos, ya que no solo se tendrán menos problemas de adaptación, sin también las personas en las comunidades los conocen, saben de los usos adicionales y se contribuye para la conservación de los diferentes hábitats.

Es Importante compartir la experiencia de la Microcuenca de Mesa de Escalante en el Estado de Guanajuato. Las comunidades que habitan en la Microcuenca, en una reunión participativa definieron que vegetación era importante para ellos para múltiples fines: conservar, cerco vivo, follaje, medicinal, etc. Varias veces al año todas las familias realizan días de campo para recolectar semillas y estacas. Una vez limpia la semilla los niños de la comunidad son los encargados de reproducir las plantas en un vivero comunitario en sus horas libres. Se encargan de preparar el suelo, sembrar, regar y mantener limpio de malezas las plantas y el vivero.

Una vez que las plantas estén listas para trasplante la comunidad organiza nuevamente un día de campo (las señoras son las encargadas de la comida) y se resiembra en donde se haya decidido que hacia más falta.

Creo que tendremos que copiar este modelo para que las comunidades sean nuevamente gestoras de su entorno. Los viveros pudieran crear fuentes de

empleo para jóvenes o ancianos y este sistema también permitiría rescatar muchas especies que por su uso múltiple son más valiosas que las especies introducidas.

A continuación se presenta el Cuadro donde se enlistan las Familias de plantas que pueden ser utilizadas para las diferentes prácticas recomendadas en esta Guía.

Cuadro. 15. Listado de plantas nativas y sus características para la conservación de suelo y agua.

FAMILIA	IMPORTANCIA PARA LA CONSERVACION DE SUELO Y AGUA	NOMBRES COMUNES Nota: Se pueden consultar los nombres científicos en el Anexo. 3. Electrónico.
Familia Agavaceae	Ayudan a controlar erosión, infiltran agua de lluvia, incrementan el contenido de materia orgánica de los suelos, barreras o cercas vivas, delimitan linderos, estabilizan bancos de arena, ornamentales, y proporcionan alimento y refugio para fauna silvestre. Tienen raíces adventicias por lo que “agarran” muy bien suelos pedregosos.	Cucharilla, chimal Yuca seca, palma pita Soyate
Familia Anacardiaceae	Fijan bióxido de carbono de la atmósfera mejoran el suelo con su hojarasca, infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos y aminoran la contaminación ambiental al interceptar solutos y malos olores del medio ambiente. No toleran suelos ácidos pero resisten heladas. Son arbustos	Lentisco, Agrillo, Agritos, Lantrisco, Zumaque
Familia Apocynaceae	Mejoran el suelo con su hojarasca, infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos, plantas que brindan sombra y ornato en parques y jardines por la belleza de sus flores. Son árboles no muy altos.	Flor de Mayo o Cacaloxúchitl, Fraile o petatillo, Fraile o Chavaquín, Frutilla
Familia Asteraceae (=Compositae)	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, algunas de estas especies tienen potencial como cerco o barrera viva en traspatios, ornamentales, abrigo y refugio para	Estafiate o Ajendo del País, Pextón, Capitaneja, Damina, Castiguiñí blanco, Limpiatunas.

	fauna silvestre. Son arbustos.	
Familia Asteraceae. (= Compositae)	Infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos, barreras vivas, protección de sitios pedregosos, ornamentales, albergue y protección de fauna silvestre.	Jaral o escobilla, jara de Arroyo, Jara blanca, Candelerero, palo loco, jara amarilla.
Familia Asteraceae. (= Compositae).	Control de erosión, infiltran agua de lluvia, regeneran suelos y reducen contaminación ambiental al interceptar solutos y mal olor del medio ambiente, cerco vivo por su capacidad para tolerar el ataque de hormigas y son ornamentales. Crecen en ambientes perturbados.	Vara tronadora, Pirimo blanco, Soapatle, Pirimo amarillo y colorado.
Familia Betulaceae.	Ayudan a controlar la erosión, estabilizar pendientes y cuencas hidráulicas, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, barreras contra vientos, ornamentales, alimentos, abrigo y refugio para fauna silvestre. Son importantes para regenerar sistemas silvopastoriles. Pioneras en el buen desarrollo de sitios perturbados.	Aliso o Aile, Alamo, Tpamu, Moralillo, Mora blanca, Petatillo
Familia Bignoniaceae	Controla la erosión, barrera rompevientos, cerco vivo para atraer insectos chupadores y facilitar su control, ornamental en patios, parques y jardines, brinda sombra y refugio a la fauna silvestre. De estos arbustos se obtienen varas para tutores de otros cultivos	Flor de San Pedro, Palo de arco, Tronadora.
Familia Boraginaceae	Infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos con su hojarasca, estabilizan bancos de arena, cerco vivo, cortinas rompevientos, callejones y sombra para ganado, ornamentales, refugio y alimento para aves. Son arbustos que pueden presentar raíz extensa y superficial para terrenos con ladera. Requieren sol.	Palo viga, hormiguillo, Trompillo, Anacahuita, Capulín blanco.
Familia Burseraceae.	Estabilizan bancos de arena, infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos y reducen contaminación ambiental al interceptar solutos del medio ambiente, cercos vivos, ornamentales, refugio y alimento de fauna silvestre.	Copal, Copal chino, copalillo, Xiote Colorado, Palo cuchara
Familia Burseraceae.	Estabilizan bancos de arena, infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos, aminoran la contaminación ambiental al reducir la	Palo xixote, Palo colorado.

	cantidad de solutos en el aire, ornamentales, refugio y alimento de fauna silvestre.	
Familia Cactaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, incrementan la materia orgánica de los suelos, estabilizan bancos de arena, capturan bióxido de carbono, alto grado de adaptación al cambio climático, barreras o cercas vivas, ornamentales y proporcionan alimento y refugio a fauna silvestre. Toleran suelos compactados y presentan densas raíces fibrosas superficiales, ideales para detener el suelo.	Garambullo, Pitaya, Biznaga gigante
Familia Convolvulaceae	Controlan la erosión, son ornamentales por la belleza de sus flores blancas y alimento de fauna silvestre.	Casahuate, palo bobo, palo de muerto,
Familia Cupressaceae.	Ayudan a controlar la erosión, estabilizan cuencas hidráulicas, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, delimitan linderos, canales de riego y bordos, barreras contra viento, cercos vivos, fijan orillas pantanosas, ornamentales, alimento, abrigo y refugio para fauna silvestre.	Cedro blanco, Ciprés, Táscate, Cedro liso, Enebro, Cedro, Cedro chino.
Familia Ericaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, ornamentales, abrigo, alimento y refugio para fauna silvestre, principalmente aves.	Madroño blanco, Madroño rojo, Pingüica manzanita, Madroño colorado, Cacuate, Madroño prieto
Familia Euphorbiaceae	Infiltran agua de lluvia, controlan erosión, regeneran suelos, reducen contaminación ambiental, cerco vivo, ornamentales, refugio y alimento de fauna silvestre.	Palo lechón, Borreguillo, Palo amarillo, Sagregado, Azafrán de bolita, Azafrancillo
Familia Fabaceae (= Leguminosae) Subfamilia Caesalpinoideae	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos, alimento para fauna silvestre, cortina rompevientos, sombra, seto vivo y ornamentales en patios o jardines por sus bellas flores. Sombra para corrales	Manita de cabra, Pata de cabra
Familia Fabaceae (=Leguminosae) Subfamilia: Caesalpinoideae	Controla erosión, filtra agua de lluvia, mejora los suelos, seto vivo, cortina rompeviento, ornamental por su porte y sus bellas flores, y alimento para fauna silvestre.	Palo tolote, Guajolote, Parota.

Familia Fabaceae (=Leguminosae) Subfamilia Caesalpinoideae	Controla erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, cortina rompevientos, seto vivo, ornamental y alimento de fauna silvestre.	Junco, Palo vede, Retama
Familia Fabaceae (=Leguminosae) Subfamilia Caesalpinoideae	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, cortinas rompevientos, setos vivos, ornamentales y alimento para fauna silvestre.	Palo hediondo, Palo Fierro, Palo Macho
Familia Fabaceae (=Leguminosae) Subfamilia: Caesalpinoideae	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, cortinas rompevientos, seto vivo, reforestación, ornamentales y alimento de fauna silvestre.	Café cimarrón, Chivatillo, Bricho manso, Frijol cimarrón, Bricho liso, Comsa, Rosa bonita.
Familia Fabaceae. (=Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Controla la erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, fija nitrógeno al suelo, cortina rompevientos, seto vivo, sombra y alimento para fauna silvestre.	Timbre, Timbre, Palo de pulque
Familia Fabaceae. (= Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno a los suelos, cortina rompevientos, seto vivo y ornamentales. Son consideradas valiosas por albergar diversas especies de aves y brindan sombra a los animales domésticos y silvestres.	Mezquitillo, Largorcillo, Palo de arco, guajillo, Uña de gato, Gato, Gavia, Quebracho.
Familia Fabaceae. (=Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno a los suelos, conforman setos vivos y son ornamentales.	Huizache chino, Huizache yóndiro, Huizache tepame
Familia Fabaceae (= Leguminosae) Subfamilia	Con su denso follaje proveen protección al suelo y su extenso sistema radicular ayuda a sostenerlos y controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, producen alimento para fauna	Cabellitos de ángel, Timbrillo, Viejo, Greñuda, Charrasquilla, Tepehuaje, Huanumo

Mimosoideae	silvestre, son cortina rompevientos, seto vivo. Arbustivas atractivas como plantas ornamentales por sus preciosas flores color blanco, rojo y púrpura.	
Familia Fabaceae. (= Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Mejoran la fertilidad de los suelos al presentar nódulos de bacterias fijadoras de nitrógeno, controlan erosión, fijan dunas, brindan sombra y en algunas regiones de Guanajuato son ornamentales.	Chimay, Tenazo, Palo de tenaza, Huamúchil, Guamúchil
Familia Fabaceae (= Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Rehabilitan suelos erosionados y agostaderos, fijan nitrógeno, componentes en cortinas rompevientos, bancos de proteína, árboles para sombra y ornato.	Querenda, Guaje colorado, Guachillo, Guaje.
Familia Fabaceae (= Leguminosae) Subfamilia: Mimosoideae	Ayudan a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, fija nitrógeno a los suelos, alimento para fauna silvestre, cortina rompevientos, seto vivo, ornamental, estabiliza bancos de arena y rehabilita zonas mineras.	Mezquite, Mizquitl
Familia Fabaceae (= Leguminosae).	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, cortina rompevientos, seto vivo y plantas de ornato.	Bricho pico de cuervo, Jaboncillo, Palo cenizo
Familia Fabaceae. (=Leguminosae) Subfamilia: Papilionoideae	Controlan la erosión sobre todo si se asocian con gramíneas cultivadas en laderas, abono verde, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, barreras vivas, rehabilitan zonas de minas y son alimento para fauna silvestre.	Limoncillo, Engordacabras, Escobilla, Garbancillo
Familia Fabaceae (=Leguminosae) Subfamilia: Papilionoideae	Controlan la erosión sobre todo si se asocian con gramíneas cultivadas en laderas, abono verde, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, barreras vivas, rehabilitan zonas de minas y son alimento para fauna silvestre.	Palo santo
Familia Fabaceae. (=Leguminosae)	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno a los suelos, alimento para fauna silvestre,	Colorín, Tzonpantli, Patol

Subfamilia: Papilionoideae	cortina rompevientos, seto vivo, brindan sombra y son ornamentales en calles, parques y jardines por su belleza de sus flores.	
Familia Fabaceae (= Leguminosae)	Controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran suelos con su hojarasca, fijan nitrógeno al suelo, cortina rompevientos, setos vivos y brindan sombran.	Palo dulce, Varaduz susupi, Veraduz.
Familia Fagaceae.	Controlan la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, forman suelo, regulan cuencas hidráulicas, ornamentales, abrigo, alimento y refugio para fauna silvestre.	Encino bellotero Encino enano, carrasco
Familia Fouquieriaceae	Controlan erosión, cerco vivo, ornamental en patios o jardines de plantas suculentas o cactáceas.	Chiquiñá, ocotillo
Familia Lamiaceae (= Labiatae).	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, indicadoras de contaminación ambiental por su sensibilidad a dióxido de sulfuro y ozono, barreras vivas, rehabilitan zonas degradadas, ornamentales, abrigo, alimento y refugio para fauna silvestre sobre todo para aves y pequeños mamíferos.	Chía, Salvia real, Salvia, Salvia de Monte, Tacote, Mirto de campo, Ramoncillo, Ajedrea, Menta, Nurite
Familia Loganiaceae (= Buddlejaceae).	Regeneran suelos, estabilizan suelos arenosos, controlan erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, ornamentales, cerco vivo, abrigo y sombra para fauna silvestre. El follaje y ramas tiernas son consumidas por el ganado menor, en particular durante la época seca o cuando escasean otros forrajes.	Salvia de bolita, Salvia de monte, Tepuza, Tepozán blanco, Hierba de escobas, Tepozán verde, Salvia común
Familia Moraceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, se cultivan como acompañante de ida, son ornamentales, barrera viva, proporcionan alimento, abrigo y sombra a fauna silvestre.	Mora, Moral
Familia Oleaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, rehabilitación de zonas mineras, ornamentales, brindan abrigo, alimento y sombra a fauna silvestre.	Acebuche, Pico de pájaro, Fresno cimarrón, Palo blanco

Familia Ranunculaceae.	Ayuda a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia y mejora los suelos con su hojarasca.	Barbas de chivo, Chilillo
Familia Rhamnaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, ornamentales y proporcionan abrigo, alimento y refugio para la fauna silvestre.	Abrojo, Jaboncillo, Granjeno rojo sin espinas, Granjeno prieto, Zargihuil
Familia Rosaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, reforestación de taludes y barrancas, porta injertos de frutales, cortinas rompevientos, ornamentales, arbustivas de traspatio, abrigo, alimento y sombra para fauna silvestre.	Membrillo cimarrón, Romero cedro, Rosa cimarrona, Tejocote amarillo verdoso, Tejocote anaranjado rojizo, Capulín negro, Calpulcuáchuitl. Capulín cerezo
Familia Salicaceae.	Ayudan a controlar la erosión, estabilizan cuencas hidráulicas, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, delimitan linderos, canales de riego y bordos, fijan orillas pantanosas, ornamentales, alimento, abrigo y refugio para fauna silvestre.	Alamillo, Alamo, Suace, Ahuejote, Sauz, Saucillo
Familia Sapindaceae.	Ayuda a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, cortina rompevientos, barrera viva, restaura tierras degradadas, estabiliza arenas movedizas, alimento, abrigo y sombra a fauna silvestre.	Ocotillo, Ramal santo, Chapuliztle
Familia Ulmaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, barreras vivas, formadoras de suelo, fijan nitrógeno a los suelos, alimento, abrigo y sombra a fauna silvestre.	Cuáquil, Palo de Zorra, Granjena blanca, Granjeno anaranjado con espina.
Familia Verbenaceae.	Ayudan a controlar la erosión, infiltran agua de lluvia, mejoran los suelos con su hojarasca, ornamentales, abrigo, alimento y refugio para fauna silvestre.	Peonía, Cinco negritos, Orégano silvestre, Romero de monte, Santa Anita, Huele de noche
Familia Zygophyllaceae.	Ayuda a controlar la erosión, infiltra agua de lluvia, mejora los suelos con su hojarasca, barrera o cerca viva, delimita linderos, estabiliza bancos de arena, alimento y refugio para fauna silvestre. Tiene extensas raíces superficiales importante para fijar suelos.	Gobernadora, Hediondilla

4.4.12. CONCLUSIONES.

- 1) Según la hipótesis de trabajo se supuso que con los PRPC'S existentes apoyados con encuestas a productores se podían definir una serie de prácticas de conservación de suelo y agua para cada región. Esto no fue así ya que las Planes Rectores no contienen la información necesaria.
- 2) Existe mucha información sobre toda la problemática de la erosión, pero esta información no ha bajado a las comunidades rurales donde se origina el problema.
- 3) Los productores rurales están ya viviendo las consecuencias de malas prácticas de manejo de suelos y hay conciencia de que se tienen que tomar medidas para detener el problema pero no se saben como.
- 4) En las entrevistas realizadas a los productores sobresalieron dos tipos de prácticas. Una es la incorporación de estiércoles, utilizada por el 60% de los entrevistados “para que rinda más el cultivo” y la otra es el “atranchar” el agua, mencionada por el 30% y esta es realmente una práctica correctiva cuando hay formación de arroyos en precipitaciones intensas.
- 5) Cada día hay menos disponibilidad de agua, ya sea debido al mal aprovechamiento, la falta de captación o por cambios climáticos; este hecho hace imperativo en que se trabaje en las microcuencas en prácticas de captación de agua de lluvia.

4.4.13. RECOMENDACIONES

Se les debería dar mayor capacitación a los Técnicos que elaboran los Planes Rectores o PRPC'S sobre como aterrizarlos datos estadísticos a campo. Si el Plan Rector se define como "Plan Rector de Producción y Conservación", deben tener mayor conocimiento sobre producción y conservación para que puedan guiar a los líderes comunitarios a ver el problema.

Como parte de la recomendación de la Guía Técnica para elaborar el Plan Rector de Producción y Conservación se debería de incluir el hacer un recorrido y determinar el estado agrícola de la microcuenca (de ser posible realizar análisis de suelos agrológicos) y así facilitar la toma de conciencia de los productores sobre el estado de sus parcelas.

En la elaboración de los PRPC'S es importante no sólo identificar la problemática, sino analizar e interpretar el origen y consecuencias de la misma, para así elaborar propuestas congruentes y adecuadas y presentar en ellas, las mejores alternativas para el desarrollo integral de la microcuenca.

Sería conveniente que se diera amplia difusión sobre las prácticas de conservación de suelo y agua apropiadas en cada Región para sensibilizar a los productores.

Sería muy recomendable que se diera capacitación a los productores en las diferentes regiones sobre las características de los suelos, su mejor manejo, la manera de subsanar problemas, como evitar pérdidas, como mejorar fertilidad y así ayudarles a tener una visión de largo plazo para que realmente puedan mejorar su producción.

Es necesario que se de una capacitación a los Técnicos de las Microcuencas sobre el funcionamiento de los diferentes tipos de suelo y su manejo adecuado para reforzar la correcta estructuración de los Planes de Manejo.

Es muy importantes que los técnicos tengan acceso y sepan como utilizar los modelos de proyección de erosión, ya que esto les permitiría predecir escenarios, ya sea que se tome como criterio no intervenir o cuando se realizara alguna práctica específica como el hacer terrazas; el modelo permitiría predecir resultados y evaluar con los productores su necesidad.

LITERATURA CITADA

Andraski T., Bundy L. and Filian K. 2003. *Manure History and Long-term Tillage effects on soil properties and Phosphorus Losses in Runoff*. Publicado en J. Environ. Qual. 32: 1782-1789. USA

Arteaga E. 1985. *Normas y criterios generales que rigen el proyecto de un bordo de almacenamiento*. Departamento de Irrigación, Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Bernal S., 2002. *Cambios Económicos y Políticos en México Actual*. Fondo de Cultura Económica, México DF.

Bustos D. 1989 *Relaciones institucionales de los productores del Norte de Guanajuato: El Caso de los Rodríguez, Municipio de San Miguel de Allende, Guanajuato*. Tesis UNAM, México, DF.

Bustos D. 2003. *Diagnóstico participativo en comunidades rurales del Semiárido de Guanajuato*. INIFAP, Querétaro, México.

Castellón, N. 2003. *Gestión de Microcuencas como estrategia de planificación del Desarrollo Municipal, Somoto, Nicaragua*. CATIE-Costa Rica.

Chávez G. 2004. *Del Gobierno a la gobernabilidad de los recursos hídricos en México*. Ponencia. Seminario de Gestión Integral de Cuencas Hídricas: Teoría y Práctica. 9-10 de Junio 2004. Instituto Nacional de Ecología. México D.F.

Cochran, W. 1992. *Técnicas de muestreo*. Editorial CECSA, México.

Cochrane, B.H.W., Reichert, J.M., Eltz, F.L.F., Norton, L.D. 2005. *Controlling soil erosion and runoff with polyacrylamide and phosphogypsum on subtropical soil*. Publicado en American Society of Agricultural Engineers Vol. 48(1):149-154. USA.

Colegio de Postgraduados, 1977, *Manual de conservación del suelo y del agua*. Chapingo-SARH-SPP., México.

Colegio de Postgraduados. 1980. *Manual para proyectos de pequeñas obras hidráulicas para riego y abrevadero*. Tomo I. Chapingo-SPP. México.

CONAFOR, 2005, *Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas*. Comisión Nacional Forestal, México.

Cubero, D. 1999. *Las Barreras vivas y su aplicación en la agricultura conservacionista*. Conferencia. XI Congreso Agronómico, III Congreso Nacional de Suelos. Costa Rica.

Dominguez, M.A. 2003. Erosión hídrica en el Estado de Querétaro. Trabajo no publicado. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro. México.

Dominguez, M.A., Ventura, E., Valdez, F., Sorani, V., Pineda, R. 2005. *Mexico's nacional Map of Small Watersheds*. Publicado en 25 Annual ESRI Internacional Users Conference, July 25-29, San Diego, California. USA.

Duchaufour P. 1978. *Manual de Edafología*. Torray-Masson, S.A. Barcelona. España.

Ferguson, R., Frank, K., Hergert, G., Penas, E., Wiese, R. (S/F) *Guidelines for soil sampling*. Printed publication. University of Nebraska Extension Services. USA.

Foster A. 1977, *Métodos probados en conservación de suelos*, Editorial Trillas, México.

Gal, M., Arcan, I., Shainberg Y. and Keren, R. 1984. *Effect of exchangeable sodium and phosphogypsum on crust structure-scanning electron microscope observations*. SSSA.J. 48(4): 872-878. USA.

Grimshaw R. 1994. *El papel del Pasto Vetiver en el sostenimiento de la productividad agrícola*. Artículo. Congreso Internacional sobre suelos, Julio 1994, Acapulco, México.

Herrera, I., Et. al. 1993. *Factores ambientales y Estilos de Desarrollo*. Editorial Trillas, México DF.

INIFAP, 2002, *Labranza de conservación en condiciones de riego en el altiplano potosino*. Folleto Técnico Núm. 18, Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Palma de la Cruz, San Luís Potosí, México.

INIFAP, 2002, *Método alternativo de labranza de conservación en módulos forrajeros de temporal en el altiplano potosino..* Folleto Técnico Núm. 19, Centro de Investigación Regional del Noreste Campo Experimental Palma de la Cruz, San Luís Potosí, México.

Jian Lu, T., Shainberg, I., Mamedov, A.I., and Levy, G.J. 2003. *Infiltration and Erosion in Soils with dry PAM and Gypsum*. Publicado en Soil Sci. soc. Am. J. 67:630-636.

Krishnamurthy, L., Rajagopal, I., Arroyo, A. 2003. *Introducción a la Agroforestería para el desarrollo rural*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Centro de Educación para el Desarrollo Sustentable. México.

Landry, H., Laguë, C., Roberge, M. *Physical and Rheological properties of manure products*. Publicado en American Society of Agricultural Engineers Vol 20(3): 277-288. USA.

Levy, G.J. 1996. *Soil stabilizers*. Publicado en *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*, 267-2999. M. Agassi, Ed. New York. USA.

Madrigal U. 1994. *Los problemas coyunturales de la Planeación en México y su impacto en la sustentabilidad y el ordenamiento territorial*. Universidad Autónoma del Estado de México, México.

Martínez-Gamiño, M.A., Walthall, P.M., 2000. *Agentes cementantes en el encostramiento de la superficie de suelos de México y Louisiana, EU*. Publicación. Terra, Volumen 18. México.

Millar E. 1976 *Desarrollo Rural Integral del Medio Rural*. Ediciones Fondo de Cultura Económica, México, D.F.

Mitchell, A.R. 1986. *Polyacrylamide application in irrigation water increase infiltration*. Soil Science. 141. USA.

Mohar A. 2000. *Análisis de la Institucionalidad Rural*. El caso de México. FAO

Mora Gutiérrez, Manuel, 1990, *Evaluación de técnicas e captación de agua de lluvia in situ en la producción de maíz (Zea mays L) para grano y forraje en Tecamac, México*. Tesis presentada para obtener el grado de Maestro en Ciencias, Especialista en Edafología. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

Morales y Monroy R. (S/F) Muros, taludes y terraplenes de suelo reforzado: control de erosión. Facultad de Ingeniería de la UNAM-Colegio de Ingenieros Civiles de México A.C. México.

Muñoz G., R. 2006. *Erosión hídrica en la microcuenca San Pedro Huimilpan. Valoración Integrada para su control*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Autónoma de Querétaro. México.

Navarro, A., Figueroa B., Ordaz V., González Cossío F. 2000. *Efecto de la labranza sobre la estructura del suelo, la germinación y el desarrollo del maíz y frijol*. Revista Terra, Vol. 18, Núm. 1. México.

Peña, F. 2005. *Regionalización Fisiográfica Natural y los Suelos Forestales del Estado de Querétaro*. Secretaria de Desarrollo Agropecuario del Gobierno del Estado de Querétaro. México.

Pineda, R., Domínguez, M.A., Hernández, L., Ventura, E. (Editores), 2005, *Microcuencas y Desarrollo Sustentable: Tres casos en Querétaro*, Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México.

Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista, 1997, *Memorias de la IV Reunión bienal de la Red Latinoamericana de Agricultura Conservacionista. Estudios de caso en America Latina*, FIRA, Gobierno de Michoacán, INIFAP- Produce, FAO, SAGAR, CENAPROS. México.

Richards, J. D. 1973. *Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos*. Editorial Limusa, México.

Plan Nacional de Desarrollo. 2002. *Programa especial Concurrente para el Desarrollo Rural Sustentable*. Poder Ejecutivo Federal, Comisión Intersecretarial. México.

Roberts, J. 1995. *History of the World*. Penguin Books, Inglaterra.

Ruiz Figueroa, J., (Editor), 1993, *Manejo y conservación del suelo y agua*, Primera Reunión Nacional, 12 al 15 de Agosto de 1992, Montecillo, Estado de México, Grupo de Conservación del Suelo y Agua A.C., México.

SAGARPA-FIRCO. 2005. *Guía Técnica para la elaboración de Planes Rectores de Producción y Conservación (PRCP)*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación- Fideicomiso de Riesgo Compartido. México.

Scherr, S. 1999. *Degradación del suelo: Una amenaza para la seguridad alimentaria de los países en desarrollo en el Año 2020*. Internacional Food Policy Research Institute.

Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de USA, 1980, *Manual de conservación de suelos*, Editorial Limusa, México.

Servicio Nacional de Caminos de Bolivia. 2000. *Manual ambiental para la construcción de carreteras*. Impresiones Sirca, La Paz, Bolivia.

Shainberg, Y., Rhoades, J., Suárez, D., y Prather, R. 1981. *Effect of mineral weathering on clay dispersion and hydraulic conductivity of sodic soils*. Soil Sci. Soc. Am. J. 45, 287-291. USA.

Sturm, T. 2001. *Open channel Hydraulics*. McGraw Hill. USA.

SWCC-Georgia.1996. *Manual for Erosion and Sediment Control in Georgia*. Georgia Soil and Water Conservation Commission. Fourth Edition. Athens, Ga. USA.

Terrones, T. del Rosario, González, C., y Ríos, S., 2004. *Arbustivas nativas de uso múltiple en Guanajuato*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Celaya, Gto. México.

The World Resources Institute. 1996. *World Resources 1996-97*. The World Resources Institute, The United Nations Environment Programme, The United Nations Development Programme, The World Bank, Oxford University Press. New York. USA.

Ventura E. 2004. *Técnicas de conservación de suelos*. SEMARNAT-Fundación Gonzalo Río Arronte IAP-IMTA. México.

Zorrilla L. 2003. *Las políticas mexicanas de Desarrollo Rural en el Siglo XXI*. Revista Comercio Exterior. Vol. 53, Núm. 2, Febrero 2003.

ANEXOS.

Anexo 1. ENCUESTA

Nombre: _____

Comunidad: _____

Municipio _____

Loc.Geográfica: _____ Altitud: _____

Tipo de Propiedad: EJIDATARIO PEQUEÑO PROPIETARIO

Tipo de Productor: GANADERO AGRICOLA FORESTAL

Superficie de Terreno que cultiva en has. _____

1. ¿Qué tipo de suelo hay en la comunidad?
2. ¿Tiene problemas de erosión?
3. ¿Presenta cárcavas? ¿Zanjas?
4. ¿Qué cantidad de suelo se pierde? MUCHO POCO NADA
5. ¿Esta haciendo algo para evitarlo?
6. NO: ¿Por qué?
7. SI ¿Qué está haciendo?
8. ¿Desde cuando?

9. ¿Quién lo ha apoyado?

10. ¿Con que programas ha trabajado?

11. ¿Desde cuando es usted agricultor o silvicultor?

12. Su terreno ¿vale más o menos que antes?
13. ¿Por qué?

14. ¿ Ha utilizado prácticas de Conservación de suelo y agua?

Anexo 2. Información general obtenida de los Planes Rectores. (Se anexa en Archivo electrónico).

Anexo 3. Información sobre plantas que pueden ser utilizadas para prácticas de conservación de suelo y agua. (Se anexa en Archivo electrónico).

Anexo 4.

Anexo 4. A. Listado de PRPC's de la Región Centro con referencia de erosión hídrica estimada, la referencia de erosión en los PRPC y las prácticas recomendadas.

Anexo 4. B. Listado de PRPC'S de la Región Sur con referencia de erosión hídrica estimada, la referencia de erosión en los PRPC y las prácticas recomendadas.

Anexo 4. C. Listado de PRPC'S de la Región Semidesierto con referencia de erosión hídrica estimada, la referencia de erosión en los PRPC y las prácticas recomendadas.

Anexo 4. D. Listado de PRPC'S de la Región Sierra Gorda con referencia de erosión hídrica estimada, la referencia de erosión en los PRPC y las prácticas recomendadas.

(Se anexa en Archivo electrónico).

Anexo 5.

Layout de las 41 Microcuencas con las que se cuenta PRPC a las que se les aplicó el Modelo de Erosión Hídrica en el Estado de Querétaro (Dominguez, 2003, Trabajo no Publicado), aplicando la clasificación de erosión según la FAO.

(Se anexa archivo electrónico).