

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA Y PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA
MICROCUENCA GARROCHITAS PANALILLO II

Por:

Luis Antonio Gómez Sánchez

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P.

Marzo de 2011



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



RIESGO A LA EROSIÓN HÍDRICA Y PRÁCTICAS DE MANEJO EN LA
MICROCUEENCA GARROCHITAS PANALILLO II

Por:

Luis Antonio Gómez Sánchez

Asesores:

Dra. Catarina Loredo Osti
M.C. Jesús Huerta Díaz
Dr. José Luis Lara Mireles

Asesor externo:

Dr. Sergio Beltrán López

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniero Agrónomo Zootecnista

El trabajo titulado “Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II” fue realizado por: Luis Antonio Gómez Sánchez como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniero Agrónomo Zootecnista” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis

Dra. Catarina Loredo Osti

Asesora

M. C. Jesús Huerta Díaz

Asesor

Dr. José Luis Lara Mireles

Asesor

Dr. Sergio Beltrán López

Asesor

Ejido Palma de la Cruz, Municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S. L. P. a los 11 días del mes de marzo de 2011.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la oportunidad de terminar mi carrera y poder alcanzar un escalón más en mi vida profesional, por llenarme de gozo, salud y felicidad y por darme a mis padres que son inmensamente generosos conmigo y me han apoyado en todo, por todo eso y mucho más.

A mis Padres

Por darme una vida llena de felicidad, protección, cariño y por toda la orientación que siempre me han otorgado, parte de lo que soy hoy es gracias a ustedes y porque hoy veo llegar a su fin una etapa más en mi vida, como una muestra de cariño y agradecimiento.

A mis asesores

Por su apoyo incondicional, ánimo y ayuda brindada durante mi paso por la Facultad de Agronomía, así como en la realización de este proyecto. Especialmente a la Dra. Catarina Loredo Osti por todo su apoyo, tiempo, dedicación y atenciones prestadas.

A mi familia y hermanos

Por su apoyo, cariño, consejos, ayuda y comprensión en todo lo que hago, gracias Morelia y Carlos.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por darme la oportunidad de continuar con mis estudios y concluir mi carrera profesional.

Al programa de mejoramiento del profesorado (PROMEP) por la beca otorgada para la elaboración de este trabajo de tesis, en el marco del Convenio PROMEP/103.5/09/4244; folio: UASLP-PTC-258.

Al Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento del proyecto 2002-6320: “Evaluación de tierras para el manejo integrado de 32 microcuencas hidrológicas en San Luis Potosí” desarrollado por el Instituto Nacional de investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) donde se obtuvo la información cartográfica de riesgo a la erosión.

Al Fideicomiso de Riesgo Compartido (FIRCO) a través del Ing. Florencio Ramiro Córdoba, al Programa Estatal de Microcuencas a través del técnico encargado de la microcuenca Garrochitas Panalillo II el Ing. Florencio Ramiro Córdoba por proporcionarme información requerida para este estudio.

A mis asesores

Dra. Catarina Loredó Osti

M.C. Jesús Huerta Díaz

Dr. José Luis Lara Mireles

Dr. Sergio Beltrán López

Por su apoyo y ayuda brindada durante la realización de este proyecto.

A mis profesores

Por todo lo que me dieron aprendizaje, consejos y orientación en cada una de sus clases, con el único objetivo de terminar mejor preparado para así poder defenderme y enfrentar la vida profesional y laboral.

A mis amigos y compañeros

Oscar Escalante, Jacob Rosillo, Víctor Ruiz, Germán Pujol, Israel Lerma, Gerardo Hernández, Rafael Zavala, Julio Tovar, Roberto Tristán, Rosa Herrera, Alejandra Guerrero, y todos los demás amigos y compañeros de la generación 2006-2010 y de la Facultad. Por su amistad y apoyo sea poco o mucho, siempre me tendieron la mano en diferentes ocasiones, por la confianza y por los momentos vividos y que todo lo que hagan logren cumplirlo satisfactoriamente; y especialmente a Sherenie, gracias por ser más que una amiga, por ser mi persona importante, por dar otro enfoque a mi vida, por confiar en mí y apoyarme y finalmente por seguir a mi lado pase lo que pase.

A todos ustedes y a las demás personas que olvide citar, que han confiado en mí, gracias de corazón, porque sin su apoyo no hubiera sido posible la culminación de esta etapa. Por lo que ha sido y lo que será a todos ustedes gracias.

CONTENIDO

	pág
DEDICATORIAS	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos.....	2
REVISION DE LITERATURA	3
La Microcuenca.....	3
La Erosión del Suelo.....	4
Erosión Hídrica.....	4
Formas de erosión hídrica.....	5
Límites permisibles de erosión.....	5
Métodos para Cálculo del Suelo Perdido por Erosión Hídrica.....	6
Ecuación Universal de Perdida de Suelo.....	6
Erosividad de la lluvia (R).....	7
Erosionabilidad (K).....	9
Longitud y grado de pendiente (LS).....	11
Factor por cubierta vegetal (C).....	12
Factor por prácticas mecánicas (P).....	16
Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión.....	17
Pastizal o Agostadero.....	18
Rehabilitación del Pastizal o Agostadero.....	19
MATERIALES Y MÉTODOS	20

Localización del Área de Estudio.....	20
Desarrollo del Proyecto.....	20
Generación de la base de datos.....	21
Procedimiento para la digitalización y carga de base de datos.....	21
Evaluación de riesgo a la erosión.....	23
Simulación para la obtención de prácticas de manejo.....	23
Obtención de indicadores económicos y sociales.....	24
Diseño del programa para el manejo de la microcuenca.....	24
RESULTADOS.....	25
Caracterización Sociodemográfica.....	25
Infraestructura de Servicios.....	26
Educación.....	26
Alimentación.....	27
Salud.....	27
Organización.....	27
Servicios públicos.....	28
Infraestructura Industrial.....	29
Sistemas de Producción.....	29
Agricultura.....	29
Ganadería.....	29
Forestal.....	30
Minería.....	30
Infraestructura de Conservación de Suelo y Agua.....	30
Maquinaria e Implementos Agrícolas.....	31
Clima.....	31
Hidrología.....	33
Geología.....	35
Fisiografía.....	37
Suelos.....	37
Características de las unidades de suelo.....	38
Distribución de la superficie edafológica.....	41

Caracterización de la Vegetación y Uso del Suelo en la Microcuenca Garrochitas	
Panalillo II.....	41
Flora.....	41
Fauna.....	42
Uso Actual del Suelo.....	44
Asociaciones especiales de la vegetación.....	45
Uso agrícola.....	47
Uso pecuario.....	48
Uso Potencial del Suelo.....	50
Descripción de la clase de uso de suelo.....	50
Superficie de capacidad de uso de suelo.....	54
Erosión Potencial.....	54
Erosión Actual.....	56
Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas.....	57
Erosión con prácticas vegetativas.....	57
Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos.....	63
Recomendaciones para el Manejo de Pastizales.....	68
DISCUSIÓN.....	75
CONCLUSION.....	79
LITERATURA CITADA.....	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Ecuaciones de erosividad (R) para las diferentes regiones de México...	9
2	Valores del factor K estimado en función de la unidad de suelo y la textura superficial.....	10
3	Valores que toma m en función al grado de pendiente.....	11
4	Valores de C que se pueden utilizar para estimar perdidas de suelo.....	15
5	Valores de P que se pueden utilizar para estimar perdidas de suelo en la EUPS.....	17
6	Coordenadas geográficas de la microcuenca Garrochitas Panalillo II, Zaragoza.....	20
7	Distribución y principales características de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	25
8	Escolaridad de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	26
9	Servicios de las viviendas habitadas en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	28
10	Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Xoconoxtle, Zaragoza.....	32
11	Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.....	34
12	Diferentes tipos de unidades geológicas en la microcuenca.....	37
13	Unidades de suelos presentes en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	38
14	Vegetación existente en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	42
15	Especies de fauna silvestre de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	43
16	Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	46
17	Tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	48

18	Tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	49
19	Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	50
20	Clases de erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	55
21	Principales especies recomendadas para la rehabilitación de agostaderos en zonas áridas y semiáridas.....	63
22	Equivalencias de unidad animal.....	70
23	Calculo de los días pastoreando en 5 potreros para la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad.....	8
2	Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Xoconoxtle, Zaragoza.....	33
3	Red de drenaje de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	35
4	Tipos de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	40
5	Uso actual de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	44
6	Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	45
7	Uso potencial de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	53
8	Erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	56
9	Erosión actual en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	57
10	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	59
11	Croquis de una tina ciega.....	66
12	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y de conservación de suelos en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.....	68
13	Esquema general del pastoreo rotacional.....	72

RESUMEN

Este trabajo se elaboró con el objetivo de caracterizar los recursos de la microcuenca y evaluar el riesgo a la erosión hídrica con un modelo de predicción de pérdida de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II del municipio Zaragoza, S.L.P. y con base a lo anterior proponer prácticas de manejo y conservación de los recursos con énfasis en los pastizales. Para ello, se generó una base de datos vía digitalización de mapas temáticos sobre edafología, uso actual y uso potencial; con el apoyo de Sistemas de Información Geográfica y aplicando el modelo de predicción “Ecuación Universal de Pérdida de Suelo ($E = RKLSCP$)”, se obtuvieron mapas de riesgo a la erosión. Se realizó además una descripción sociodemográfica de la microcuenca y se analizó la tecnología disponible para el manejo de los recursos. Con esta información, se identificaron las prácticas de manejo, conservación y restauración más adecuadas. La microcuenca tiene una superficie de 4,675.55 ha, con una población de 1,866 habitantes. Respecto al clima, se tiene una temperatura media anual de 14.9 °C; precipitación media anual de 392.5 mm. La altitud varía de 1930 a 2400 msnm. Los tipos de suelos son: Phaeozem luvico 41.05%, Litosol más Rendzina más Phaeozem luvico 34.28%, Litosol 10.83%, Xerosol haplico 10.46%, Phaeozem luvico más Litosol eutrico 2.41% y Litosol más Phaeozem luvico 0.98%. Con relación al uso actual del suelo, 38.65% corresponde a uso pecuario, uso agrícola 30.92% y con asociaciones especiales de la vegetación nativa 30.44%. Por clases de uso potencial del suelo, las clases predominantes son: clase VIII (21.41%), clase VII (25.67%), clase VI (20.89%) y clase IV (32.03%). La superficie de la microcuenca con riesgo potencial a la erosión hídrica ligera (de 0 a 10 t/ha) ocupa 20%, moderada 40% (de 10 a 50 t/ha), alta 38.6% (de 50 a 200 t/ha) y muy alta 1.4% (> de 200 t/ha). Las prácticas de manejo recomendadas son la revegetación, reforestación, rotación de cultivos, cultivos de cobertera y prácticas mecánicas como terrazas de base angosta, tinas ciegas, presas filtrantes y cabeceo de cárcavas entre otras. Además de la eliminación de animales improductivos y control de la carga animal para la recuperación del agostadero. Con la aplicación de estas prácticas el grado de erosión actual en lo general podría reducirse de alta a moderada.

SUMMARY

This research was conducted with the objective of characterizing resources watershed and evaluating the risk of water erosion with a soil loss prediction model in the micro-watershed Garrochitas Panalillo II, Zaragoza, S.L.P. and based on this evaluation to propose vegetative and mechanical management practical for soil and water conservation with emphasis toward the sustainable development of the micro-watershed. The resources were characterized; for this purpose, it was generated a database through map thematic digitalization about edaphology, soil potential use; actual use, topography; with the support of geographic information systems and applying the prediction model “Universal soil loss equation of (E=RKLS_{CP})”, erosion risk maps were generated. It was also integrated a sociodemographic description and the available technology for resource management was analyzed. With this information, the practical most suitable were identified for conservation and restoration. The micro-watershed is 4,675.55 ha; the population is 1,866 people. Regarding to the weather, it has a mean annual temperature of 14.9 °C and a mean annual precipitation of 392.5 mm. The elevation is 1930 to 2400 mosl. The soil types are: Phaeozem Luvic 41.05%, Litosol plus Rendzina plus Phaeozem Luvic 34.28%, Litosol 10.83%, Xerosol haplico 10.46%, Phaeozem Luvic plus Litosol eutrico 2.41% and Litosol plus Phaeozem Luvic 0.98%. In relation to the actual soil use, 38.65% is covered with grassland, cropland use 30.92% and special association of native vegetation 30.44%. The soil potential classes predominant are the class VIII (21.41%), class VII (25.67%), class VI (20.89%) and class IV (32.03%). The watershed surface with potential risk to the light water erosion (0 - 10 t ha⁻¹) was 20%; moderate (10 - 50 t ha⁻¹) 40%, high (50 - 200 t ha⁻¹) 38.6% and very high (>200 t ha⁻¹) 1.4%. The management practices recommended were stoking rate control, rangelands revegetation, reforestation, to increase the vegetal cover, and mechanical practical as successive formation terraces, settles trench, sediment control structures for gully control erosion. With the application of these practical, the degree of actual soil could be reduced from high to moderate.

INTRODUCCIÓN

En el Estado de San Luis Potosí, la erosión hídrica es un problema importante. El Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias estimó el riesgo a la erosión en 235,517 has en S.L.P., de las cuales 46% presentan riesgo de erosión potencial leve (de 0 a 10 t ha⁻¹año⁻¹ de pérdida de suelo); 25% presenta erosión moderada (de 10 a 50 t ha⁻¹año⁻¹); 20% tiene un riesgo de erosión potencial alto (de 50 a 200 t ha⁻¹año⁻¹); y, una erosión potencial mayor a 200 t ha⁻¹año⁻¹ se puede presentar en 8% de la superficie de las microcuencas (Loredo *et al.*, 2007).

Debido a que la erosión es un proceso que puede tener consecuencias de importancia, que varían desde modificaciones irreversibles al hábitat y pérdida de biodiversidad hasta daños a infraestructura, inundaciones, azolvamiento de cuerpos de agua, entre otros, se han desarrollado diversas técnicas para tratar de minimizar sus efectos, que pueden clasificarse en tres grupos: técnicas agronómicas (preparan el suelo para mejorar su estructura y su capacidad de favorecer el desarrollo vegetal) las vegetativas (las que utilizan la cobertura vegetal para proteger el suelo), y las mecánicas o físicas (relacionadas a la ingeniería, incluyen movimiento de suelo desde modificaciones a la topografía hasta la construcción de terrazas, cortavientos o encauzamientos de agua o aire (Morgan, 1997).

Aunque el uso de plantas para controlar la erosión ha sido utilizado por siglos, la revolución industrial provocó el auge de la utilización de materiales inertes como barreras mecánicas para retener el suelo (Gray y Sotir, 1996). Sin embargo, las prácticas que se basan en el uso de vegetación son menos costosas y disminuyen el desprendimiento y transporte de las partículas, mientras que los métodos mecánicos controlan el transporte pero no influyen en la causa del problema, que es el desprendimiento (Morgan, 1997).

En consecuencia, la eficiencia de las prácticas de conservación de suelos dependerán de la manera en cómo las técnicas son combinadas para contrarrestar diferentes efectos o fases de la erosión.

En la microcuenca Garrochitas Panalillo II se identifican procesos altos de degradación de la tierra, debido a que se encuentra localizada en la vertiente Oeste de la Sierra de Álvarez, zona que está sujeta a sobrepastoreo y tala inmoderada de los bosques de encino, desde 1596, cuando sus recursos fueron aprovechados para mantener la industria minera establecida en Cerro de San Pedro. Sin embargo, desde el año 2002 esta microcuenca fue considerada en el Plan Estatal de Manejo de Microcuencas y ahí se han desarrollado acciones de conservación y manejo de los recursos.

Objetivos

Caracterizar los recursos de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Evaluar el riesgo a la erosión hídrica en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Proponer prácticas de manejo y conservación de los recursos con énfasis en el manejo de los pastizales.

REVISIÓN DE LITERATURA

La Microcuenca

La cuenca hidrográfica es una área geográfica delimitada por un parteaguas en las zonas de mayor elevación, drenada por una corriente o sistema de corrientes cuyas aguas convergen o se descargan en un punto de salida (SEMARNAP, 1996). El parteaguas es una línea imaginaria del contorno de la cuenca, que la separa de las adyacentes y distribuye el escurrimiento originado por la precipitación, en el sistema de cauces que influye hacia la salida de la cuenca.

Las zonas que integran la cuenca, se definen por el origen y el transporte de los sedimentos causados por la erosión hídrica, hasta la zona de depósito. Estas partes son: El parteaguas, zonas de producción de sedimentos, zonas de transferencias de sedimentos o garganta, zonas de depósito de sedimentos (zonas de recepción), sistemas de drenaje.

Para su manejo, la cuenca se subdivide en microcuencas, las cuales son consideradas la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones. Actualmente, cuando el deterioro de los recursos naturales es acelerado y la sociedad tiene mayor interés en este problema, el concepto de microcuenca como unidad de manejo, puede ser estratégico, si además de las condiciones físico-biológicas, se consideran las condiciones sociales y económicas de sus habitantes (Loredo *et al.*, 2007).

Para lograr el control satisfactorio de la erosión en las microcuencas se requiere una visión de desarrollo sustentable, el cual es un modelo de desarrollo que permite la utilización de los recursos naturales actuales, sin comprometer la capacidad de ser utilizados por las generaciones futuras; en este modelo se agrupan criterios ecológicos, económicos y sociales.

La Erosión del Suelo

Es un proceso que consiste en el desprendimiento, transporte y deposición de las partículas del suelo por el agua y el viento. Esta puede ser originada por los factores naturales o acelerada por las actividades del hombre. Cuando la erosión del suelo es originada por causas naturales, puede existir una tendencia al equilibrio con los factores formadores del suelo o presentarse un poco de erosión natural o geológica cuando se presenta un evento extraordinario como terremoto, ciclón o afloramientos. Cuando participa el hombre con el uso intensivo de los recursos se rompe el equilibrio y se presenta la erosión acelerada o inducida (Figueroa *et al.*, 1991).

De acuerdo al agente erosionante (agua o viento) se diferencian dos tipos de erosión: hídrica y eólica. La erosión hídrica ocurre cuando el agua de lluvia desprende las partículas de los agregados en la superficie del suelo y estos son arrastrados por el escurrimiento superficial; y la erosión eólica cuando el agente causal es el viento.

Las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión depende de las características de la lluvia y el viento, el grado de pendiente, del tipo de suelo, de las prácticas mecánicas y de las labores de culturales, así como de la cubierta vegetal del suelo (Ruiz, 1995).

Erosión Hídrica

Los principales procesos hidrológicos que afectan la erosión en las microcuencas son la precipitación, el escurrimiento superficial y la infiltración (Campos, 1998). La lluvia tiene efecto a través del impacto de las gotas sobre la superficie del suelo, y por el propio humedecimiento, que provocan degradación de las partículas primarias, propiciando el transporte de partículas por aspersión e incremento de la energía del agua en la esorrentía superficial. Esta contribuye particularmente a la erosión por flujo superficial y surcos, fenómeno donde la intensidad de precipitación se considera la característica más importante, las partículas de tamaño medio y grueso son las que se desprenden más fácilmente por salpicamiento.

El movimiento del suelo ocasionado por el agua, ocurre en tres etapas: las partículas individuales son desprendidas de la masa del suelo; las partículas desprendidas son transportadas sobre la superficie; y las partículas edáficas son depositadas en un nuevo sitio (Frederick *et al.*, 1999). El alcance del desprendimiento está en función de la fuerza

de agregación del suelo y fuerza del agua al golpear o pasar sobre la superficie del suelo (Stallings, 1982).

Formas de erosión hídrica

Las principales formas de erosión hídrica según Torres (1981) son:

Erosión laminar. Es la remoción y transporte de una capa delgada de la superficie del suelo y se origina por el impacto de las gotas de lluvia y por el escurrimiento superficial.

Erosión en canales o surcos. Es la remoción y transporte de las partículas del suelo causadas por la concentración de los escurrimientos en pequeños canales o curcos.

Erosión en cárcavas. Es la remoción y transporte del suelo por la concentración de escurrimiento en los taludes de los canales profundos que no pueden ser borrados por las labores de cultivos anuales.

Erosión en corriente. Es el proceso de remoción y transporte de las partículas en suspensión y en el lecho del cauce cuando se presentan los escurrimientos superficiales.

Erosión en pedestales. Estos son montículos de suelos que se forman cuando existe vegetación permanente, arboles, maguey, nopal y otros.

Límites permisibles de erosión

Se definen como el máximo nivel de erosión permitido para mantener un alto nivel de productividad económicamente viable y por tiempo indefinido. Debido a que es muy difícil reducir al 100% la erosión, existe una tolerancia razonable (Wischmeier y Smith, 1978).

Los límites permisibles de erosión (LPE) se basan en los siguientes aspectos: que las pérdidas de suelo sean iguales o menores a la velocidad de formación del suelo; que las pérdidas del suelo se mantengan a un nivel que evite la formación de cárcavas y, que las pérdidas de suelo permitan mantener una profundidad de suelo adecuada para sostener una productividad en el tiempo. Los LPE son variables en diferentes sitios, ya que son una función de la profundidad, tipo y procesos formadores de suelo, así como del clima (Ríos, 1987; Figueroa, *et al.*, 1991; Loredó *et al.*, 2007).

Métodos para el Cálculo del Suelo Perdido por Erosión Hídrica

Existen métodos prácticos y uso de modelos donde se utiliza la ecuación universal para pérdidas de suelo (EUPS). Dentro de los métodos prácticos tenemos los siguientes: clavos con rondanas, uso de estacas, corcholatas, collares pintados en piedras, transectos en cárcavos, lotes de escurrimiento, cuantificación de la producción de sedimentos en una microcuenca.

El objetivo que se persigue con los estudios de erosión es que el personal profesional pueda utilizar y generar los tres niveles de erosión que caracterizan a su área de trabajo, el de erosión potencial, erosión actual y erosión permisible o de sostenibilidad.

Ecuación Universal de Pérdida de Suelo

El riesgo a la erosión o erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales de la erosión (lluvia, escurrimiento, suelo y topografía), de acuerdo a la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (Wischmeier y Smith, 1978). La EUPS o USLE, por sus siglas en inglés es una función de la agresividad de la lluvia, la susceptibilidad del suelo a erosionarse, el factor de protección y el establecimiento de obras y prácticas de conservación del suelo y del agua (Figueroa *et. al.*, 1991).

Este es un método empírico que incluye a un factor R (erosividad de la lluvia), un factor K (erosionabilidad del suelo), un factor L (longitud de pendiente), un factor S (grado de pendiente), un factor C (factor por cobertura vegetal) y un factor P (prácticas mecánicas de conservación de suelo). Por consiguiente los cuatro primeros factores de la EUPS determinan el riesgo a la erosión potencial en un área determinada.

La ecuación básica es:

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

Donde:

A = Pérdida de suelo (t/ha/año).

R = Erosividad de la lluvia (MJmm/ha hr año).

K = Erosionabilidad del suelo (t/hr/MJ mm).

L = Factor por longitud de la pendiente (adimensional).

S = Factor por grado de la pendiente (adimensional).

C = Factor por cubierta vegetal (adimensional).

P = Factor por prácticas de manejo (adimensional).

Erosividad de la lluvia (R)

Representa la habilidad o agresividad de la lluvia para producir erosión; es decir, la energía cinética de la lluvia necesaria para remover y transportar las partículas del suelo. Las gotas de lluvia primero mojan el suelo y después remuevan las partículas. Cuando la precipitación excede la capacidad de infiltración, se presenta el escurrimiento superficial, el cual también tiene la habilidad de remover y transportar las partículas de suelo. Las gotas de lluvia al impacto con la superficie del suelo, rompen los agregados y remueven las partículas de suelo, produciendo una ligera compactación. La capa compactada disminuye la capacidad de infiltración, originando el escurrimiento superficial (Loredo *et al.*, 2007). Wischmeier y Smith (1965) señalan que el mejor estimador de la erosividad de la lluvia es el El_{30} , el cual se obtiene con la siguiente ecuación:

$$El_{30} = (E)(l_{30})$$

En donde:

El_{30} = Índice de erosividad para un evento (MJmm/ha hr)

E = Energía cinética de la lluvia (MJ/ha)

l_{30} = Intensidad máxima en 30 minutos continuos de lluvia (mm/hr)

Con la suma de todos los El_{30} de cada uno de los eventos del año, se obtiene el índice de erosividad anual (R). Entonces:

$$R = N(El_{30j})$$

En donde:

R = Erosividad de la lluvia

N = Número de eventos durante el año

El_{30} = Índice de erosividad de la lluvia por evento

Cortés (1991), estimó el El_{30} para las diferentes regiones de la República Mexicana y reporta valores de erosividad que varían de 500 a 29 mil Mega Joules mm/ha hr año. El propone catorce modelos de regresión (ecuaciones) a partir de datos de precipitación media anual (x) para estimar el valor de R de la EUPS (Figura 1, Cuadro 1).

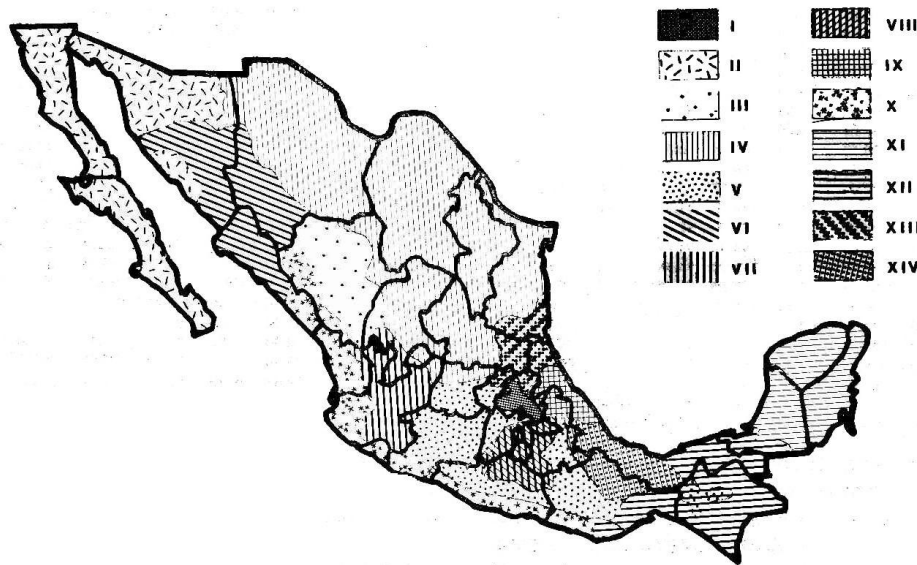


Figura 1. Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad. Fuente:

www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/datos_excel/01estim-erosion.xls (consultado en noviembre de 2005).

Cuadro 1. Ecuaciones de erosividad (R) para las diferentes regiones de México.

REGIÓN	Y= El_{30} ; x = lluvia anual	R ²
1	Y= 1.20785x + 0.002276x ²	0.92
2	Y= 3.45552x + 0.006470x ²	0.93
3	Y= 3.67516x - 0.001720x ²	0.94
4	Y= 2.89594x + 0.002983x ²	0.92
5	Y= 3.48801x - 0.000188x ²	0.94
6	Y= 6.68471x + 0.001680x ²	0.90
7	Y= 0.03338x + 0.006661x ²	0.98
8	Y= 1.99671x + 0.003270x ²	0.98
9	Y= 7.04579x - 0.002096x ²	0.97
10	Y= 6.89375x + 0.000442x ²	0.95
11	Y= 3.77448x + 0.004540x ²	0.98
12	Y= 2.46190x + 0.006067x ²	0.96
13	Y= 10.74273x - 0.001008x ²	0.97
14	Y= 1.50046x + 0.002640x ²	0.95

Fuente: Cortés, 1991

Erosionabilidad (K)

Es la susceptibilidad del suelo a erosionarse; a mayor erosionabilidad, menor resistencia a la acción de los agentes erosivos. Dependen de la textura, contenido de materia orgánica, de la estructura del suelo, de los óxidos de hierro y aluminio, de los carbonatos, de las unidades electroquímicas, del contenido inicial de humedad, del tamaño de los agregados y de la permeabilidad (Morgan, 1985; Becerra 1999). Estas propiedades se relacionan entre sí, observando que el contenido de materia orgánica afecta directamente la estabilidad estructural (Loredo, 1986) y esta, a su vez, influye en la porosidad, así como en la retención y conductividad hídrica del suelo.

Para su estimación se utilizan fórmulas complicadas. En el caso de cuencas, se recomienda utilizar la metodología propuesta por la FAO (1980), para estimar el valor de K a partir de la textura superficial y la unidad de suelo (Cuadro 2) según el sistema de

clasificación de la FAO (1974). En las cartas de INEGI, se describe la textura en términos de gruesa, media o fina. El criterio que se sigue es: 1) textura gruesa (<18% de arcilla >65% de arena), 2) textura media (<35% de arcilla y <65% de arena, o <18% arcilla y <82% de arena) y 3) textura fina (>35% de arcilla) (Soria, 2006).

Cuadro 2. Valores del factor K estimado en función de la unidad de suelo y textura superficial.

Símbolo	Tex. G	Tex. M	Tex. F	Símbolo	Tex. G	Tex. M	Tex. F	Símbolo	Tex. G	Tex. M	Tex. F
A	0.026	0.040	0.013	Jd	0.026	0.040	0.013	Rd	0.026	0.040	0.013
Af	0.013	0.020	0.007	Je	0.026	0.040	0.013	Rx	0.053	0.079	0.026
Ag	0.026	0.030	0.013	Jt	0.053	0.079	0.026	S	0.053	0.079	0.026
Ah	0.013	0.020	0.007	Jp	0.053	0.079	0.026	Sg	0.053	0.079	0.026
Ao	0.026	0.040	0.013	K(h,k,l)	0.026	0.040	0.013	Sm	0.026	0.040	0.013
Ap	0.053	0.079	0.026	L	0.026	0.040	0.013	So	0.053	0.079	0.026
B	0.026	0.040	0.013	La	0.053	0.079	0.026	T	0.026	0.040	0.013
B (c,d,e,k)	0.026	0.040	0.013	Lc	0.026	0.040	0.013	Th	0.013	0.020	0.007
Bf	0.013	0.020	0.007	Lf	0.013	0.020	0.007	Tm	0.013	0.020	0.007
Bg	0.026	0.040	0.013	Lg	0.026	0.040	0.013	To	0.026	0.040	0.013
Bh	0.013	0.020	0.007	Lk	0.026	0.040	0.013	Tv	0.026	0.040	0.013
Bk	0.026	0.040	0.013	Lo	0.026	0.040	0.013	U	0.013	0.020	0.007
B (v,x)	0.053	0.079	0.026	Lp	0.053	0.079	0.026	V(c,p)	0.053	0.079	0.026
C (h,k,l)	0.013	0.020	0.007	Lv	0.053	0.079	0.026	W	0.053	0.079	0.026
D (d,g,e)	0.053	0.079	0.026	M (a,g)	0.026	0.040	0.013	Wd	0.053	0.079	0.026
E	0.013	0.020	0.007	N(d,e,h)	0.013	0.020	0.007	We	0.053	0.079	0.026
F(a,h,p,o)	0.013	0.020	0.007	O(d,e,x)	0.013	0.020	0.007	Wh	0.026	0.040	0.013
G	0.026	0.040	0.013	P	0.053	0.079	0.026	Wm	0.026	0.040	0.013
Gc	0.013	0.020	0.007	Pf	0.053	0.079	0.026	Wx	0.053	0.079	0.026
G (d,e)	0.026	0.040	0.013	Pg	0.053	0.079	0.026	X(k,h,l,g)	0.053	0.079	0.026
G (h,m)	0.013	0.020	0.007	Ph	0.026	0.040	0.013	Y(h,k,l,g,t)	0.053	0.079	0.026
G (p,x)	0.053	0.079	0.026	Po	0.053	0.079	0.026	Z	0.053	0.079	0.026
Gv	0.053	0.079	0.026	Pp	0.053	0.079	0.026	Zg	0.026	0.040	0.013
H(c,g,h,l)	0.013	0.020	0.007	Q (a,c,f,l)	0.013	0.020	0.007	Zm	0.013	0.020	0.007
I	0.013	0.020	0.007	R	0.026	0.040	0.013	Zo	0.026	0.040	0.013
J	0.026	0.040	0.013	Re	0.026	0.040	0.013	Zt	0.053	0.079	0.026
Jc	0.013	0.020	0.007	Rc	0.013	0.020	0.007				

Fuente: Becerra, 1999.

Leyenda: Significado de los símbolos de textura; G= gruesa, M= media, F= fina.

Longitud y grado de pendiente (LS)

La pendiente del terreno afecta los escurrimientos superficiales imprimiéndoles velocidad. A su vez, la velocidad depende del grado y longitud de la pendiente. La longitud de la pendiente está definida por la distancia del punto de origen del escurrimiento superficial al punto donde cambia el grado de pendiente. La acumulación del volumen escurrido a lo largo de la pendiente, incrementa la capacidad de desprendimiento y transporte del escurrimiento (Wischmeier y Smith, 1978). Estos autores propusieron en 1965 una ecuación para estimar L:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13}\right)^m$$

En donde:

L= Factor de longitud de la pendiente (adimensional)

λ = Longitud de la pendiente (m)

m= Coeficiente que depende del grado de pendiente (varia de 0.2 a 0.5, como se aprecia en el Cuadro 3).

Cuadro 3. Valores que toma m en función al grado de pendiente.

Grado de pendiente (%)	Valor de m
< 1	0.2
1 – 3	0.3
0 – 5	0.4
> 5	0.5

Fuente: Wischmeier y Smith, 1978.

La relación para obtener el factor S (grado de pendiente) es la siguiente:

$$S = 0.065 + 0.45s + 0.0065s^2$$

En donde:

S= Factor por grado de pendiente (adimensional)

s= Grado de pendiente (%)

El grado de pendiente que se obtiene determinando la diferencia de elevación del punto más alto del terreno al más bajo de tal forma que (Becerra, 1999; Soria, 2006):

$$s = \left(\frac{H_f - H_i}{L} \right)$$

En donde:

S = Grado de pendiente (%)

H_f = Altura más alta del terreno (m)

H_i = Altura más baja del terreno (m)

L = Longitud media del terreno (m)

Los factores L y S de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, pueden ser calculados en forma combinada (LS) a partir de la siguiente ecuación:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m (0.065 + 0.45s + 0.0065s^2)$$

El producto de los cuatro factores descritos hasta ahora (R, K, L y S), le dan magnitud al nivel potencial de erosión laminar y en arroyuelos del suelo, es decir, estima la erosión media anual para un área en barbecho continuo y sin vegetación (Loredo *et al.*, 2007).

Factor por cubierta vegetal (C)

La cubierta del suelo es el factor más importante en el control de la erosión hídrica. La cubierta vegetal, comprende a la vegetación (natural o cultivada) y los residuos de cosecha. En el caso de los pastizales, con relación a la pérdida de agua en estos ecosistemas como consecuencia de la disminución en su capacidad de infiltración,

algunos autores mencionan a las costras del suelo como un factor importante (Belnap, 2001a; Belnap, 2001b; Warren y Eldridge, 2001), las cuales tienen efectos benéficos en la reducción de las pérdidas de suelo ya que le brinda protección contra la acción de los agentes erosivos (Loredo *et al.*, 2007). Una cubierta vegetal abundante reduce la erosión a límites aceptables. La eficiencia de la vegetación para reducir la erosión depende de la altura y continuidad de la cobertura vegetal aérea, de la densidad de la cobertura en el suelo y de la densidad de raíces (Figuroa *et al.*, 1991). Los efectos de la vegetación varían según al suelo y al clima, así como a la estación de crecimiento de las plantas, clase de raíces, características del follaje, tipo de residuos que originan y grado de maduración.

En zonas áridas y semiáridas, cuando la cobertura basal es mayor al 70% la erosión hídrica es insignificante (Loredo *et al.*, 2007). Sin embargo, estas zonas son las que presentan una mayor vulnerabilidad a la erosión, debido a la remoción de la cobertura vegetal natural por pastoreo o apertura de tierras al cultivo (Martínez y Fernández, 1983).

La cobertura vegetal que incluye la vegetación en pie y los residuos sobre la superficie, reducen la erosión en tres formas: 1) Proporciona protección al suelo contra el impacto directo de las gotas de lluvia, las cuales producen el salpicamiento; 2) Reduce la velocidad del escurrimiento por incremento en la rugosidad superficial; y 3) Afecta la estructura y porosidad del suelo en la superficie y perfil del suelo (Wischmeier y Smith, 1965; Figuroa, 1975; Ríos, 1987) ya que incrementa el contenido de materia orgánica, la estabilidad de agregados, la capacidad de infiltración, y reduce la densidad aparente, entre otros efectos (Loredo *et al.*, 1996).

Otro factor importante son las costras biológicas las cuales son el resultado de una relación fuerte entre las partículas del suelo y cianobacterias, algas, hongos, líquenes, y briofitas en diferentes proporciones, los cuales viven sobre el suelo o inmediatamente en los primeros milímetros del suelo. En el caso de los pastizales de zonas áridas y semiáridas, las cianobacterias fotosintéticas y los líquenes que crecen en los pocos centímetros superiores del suelo forman una costra que juega un papel importante en la estabilización del suelo (Belnap, 2001a; Warren, 2001). Estos organismos vegetales ayudan a crear la estructura del suelo, ciclan nutrientes e incrementan la infiltración,

reduciendo los escurrimientos superficiales, las pérdidas de suelo y nutrientes y permitiendo a las plantas tolerar mejor los disturbios y recuperarse de los mismos (Herrick *et al.*, 2005). Además Belnap. (2001b) consideran que la costra biológica mejora la infiltración, disminuye la erosión por el impacto de la gota de lluvia y la causada por la escorrentía, así como la disminución de la velocidad de ésta lo que causa más infiltración y ayuda al establecimiento de las plántulas en comunidades desérticas con ambientes rigurosos; sin embargo, otros autores (Quiñones *et al.*, 2009), señalan que esta costra sella la superficie del suelo e incrementa los escurrimientos superficiales. Específicamente en los suelos del pastizal dominado por *Bouteloua gracilis* donde no se mejoran las tasas de infiltración de agua. Indican que los factores del impacto de la gota de lluvia y del escurrimiento superficial deben ser estudiados en suelos protegidos con costras biológicas en los pastizales para analizar su importancia en la protección del suelo.

En la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), el factor por Cubierta Vegetal, se ha definido como la relación entre las pérdidas de suelo que se produce bajo un determinado uso (cultivo o vegetación perenne) bajo determinadas condiciones de manejo y las pérdidas correspondientes en ese mismo suelo bajo barbecho continuo. El factor C es considerado factor atenuante y toma valores de 0 a 1, correspondiendo el valor de la unidad al suelo que está desnudo, sin cobertura vegetal.

Actualmente se considera a la cobertura vegetal (Factor C) como la mejor herramienta para controlar la erosión, ya que brinda protección al suelo contra los agentes erosivos, sin embargo el manejo de la cobertura requiere de la integración de diversas prácticas, entre las cuales destacan la agricultura de conservación, la producción de cultivos alternativos, la reconversión de áreas agrícolas de baja productividad a uso pecuario, el manejo y rehabilitación de pastizales y el establecimiento y manejo de sistemas agroforestales (Loredo, 2005).

El valor C en la ecuación es multiplicativo y a medida que aumenta la cobertura vegetal en densidad y frecuencia, el valor de C tiende a disminuir. Algunos valores de C se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo.

Cultivo	Nivel de Productividad		
	Alto	Moderado	Bajo
Maíz	0.54	0.62	0.80
Maíz labranza cero	0.05	0.10	0.15
Maíz rastrojo	0.10	0.15	0.20
Algodón	0.30	0.42	0.49
Pastizal	0.004	0.01	0.10
Alfalfa	0.020	0.050	0.10
Trébol	0.025	0.050	0.10
Sorgo grano	0.43	0.55	0.70
Sorgo grano rastrojo	0.11	0.18	0.25
Soya	0.48		
Soya después de maíz con rastrojo	0.18		
Trigo	0.15	0.38	0.53
Trigo rastrojo	0.10	0.18	0.25
Bosque natural	0.001	0.01	0.10
Pastizal en buenas condiciones	0.01	0.54	
Pastizal sobrepastoreado	0.1	0.22	
Maíz- sorgo, mijo	0.4 a 0.9		
Arroz	0.1 a 0.2		
Algodón, tabaco	0,5 a 0.7		
Cacahuete	0.4 a 0.8		
Palma, cacao, café	0.1 a 0.3		
Piña	0.1 a 0.3		

Fuente: www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos_excell/lestim-erosion.xls

Si se compara la erosión actual del suelo con el uso del mismo con revegetación, reforestación, tanto en cultivos como en bosques naturales, se tendrá conciencia y la oportunidad del productor para escoger el tipo de cultivo y/o vegetación conveniente y el técnico tendrá la opción de plantear las prácticas de manejo o el tipo de cultivo a utilizar como posibilidad de conservación productiva, si la prioridad es la conservación del suelo. Este procedimiento se le conoce como la planeación del uso y manejo de los suelos con fines de conservación. Los productores teniendo conocimiento de este tipo de

situación que con los buenos manejos y cambios que pueden tener sus predios para bien propio y el de los demás, conservando el medio ambiente e incluso mejorándolo con las diversas obras de conservación.

En el componente de cobertura es importante considerar también el efecto de la cobertura a base de residuos de cosecha. Meyer *et al.* (1970) observaron que las condiciones físicas de los suelos (textura y permeabilidad) y la pendiente del terreno influyen en manera importante en la eficiencia de la cobertura del suelo.

Factor por prácticas mecánicas (P)

Existen diferentes prácticas mecánicas para evitar la acción de la erosión entre las que se encuentran el surcado en contorno, la construcción de terrazas en curvas a nivel, cultivos en fajas, tinas ciegas, etc. En las áreas agrícolas los terrenos se siguen laboreando con prácticas tradicionales como barbecho y rastreo, sin hacer uso de prácticas más económicas como el multiarado; además los productores tienen la costumbre de introducir a los animales en los terrenos de cultivo una vez que se han levantado las cosechas. Lo cual incrementa la compactación del suelo y deja la superficie del terreno desprovista de vegetación y a expensas de los agentes erosivos (Loredo, 2005).

Las prácticas mecánicas o manejo del terreno son un factor atenuante del proceso erosivo. Su principal objetivo es controlar los escurrimientos superficiales para disminuir la erosión hídrica en terrenos con pendiente (Loredo *et al.*, 2007). En la EUPS el valor de P varía de 0 a 1 e indica el valor de la práctica de conservación al compararse con un terreno en barbecho continuo, en el sentido de la pendiente. Algunos valores de P para las condiciones de México fueron obtenidos por Trueba (1981) y adaptados por SAGARPA (2005), estos valores se muestran en el Cuadro 5.

Es importante notar que la eficiencia que se logra con el uso de las prácticas mecánicas es menor que la que se alcanza con el uso de la vegetación y el manejo del cultivo, sin embargo cuando se combinan el uso de la vegetación y la práctica mecánica existe efecto multiplicativo. Para determinar el efecto de las prácticas de manejo y de las obras de conservación de suelos, es necesario seleccionar las prácticas de manejo de la

vegetación y como última instancia se realizaran las obras y prácticas de conservación del suelo y agua (Morgan, 1997).

Cuadro 5. Valores de P que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo en la EUPS.

Práctica mecánica	Valor de P
Surcado al contorno	0.75
Surcos rectos	0.8
Franjas en contorno	0.6
Terrazas (2 – 7% de pendiente)	0.5
Terrazas (7 – 13% de pendiente)	0.6
Terrazas (mayor de 13%)	0.8
Terrazas de banco	0.1
Surcado lister	0.5
Ripper	0.6
Terrazas de Zing	0.1

Fuente: www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos_excell/lestim-erosion.xls

Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión

Cuando ya se tienen caracterizadas las condiciones de la microcuenca incluyendo la predicción de riesgo a la erosión, el cálculo de la lluvia probable en 24 horas para un período de retorno de cinco años y el escurrimiento promedio, se procede a realizar un análisis de las prácticas de conservación del suelo más adecuadas para los terrenos agrícolas y para las áreas destinadas a otros usos.

Las prácticas mecánicas son aquellas obras que se realizan con implementos agrícolas, aditamentos especiales o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, para disminuir el escurrimiento superficial y reducir la erosión en terrenos con pendiente. La elección de este tipo de prácticas está en función de la clase y uso del suelo, el valor de los terrenos por proteger y la disponibilidad de recursos económicos. También deben considerarse aspectos operativos y de eficiencia.

La principal práctica mecánica que se realiza actualmente es la terraza de formación sucesiva o bordos a nivel. Esta práctica es también conocida como terrazas de base angosta o terrazas de formación paulatina; se encuentra en el grupo de prácticas de nivel medio de inversión inicial (Trueba, 1981). Consiste en la construcción de bordos de tierra, entre los cuales se espera se forme una terraza, por el movimiento del suelo que se presenta en cada evento lluvioso donde ocurre escurrimiento y desprendimiento del suelo superficial.

Las terrazas se pueden trazar de dos formas: la primera es “al contorno” de acuerdo al criterio de construcción de la antigua Dirección de Conservación del Suelo y Agua (DGCSA, 1981); o bien modificándolas para hacerlas paralelas entre sí de acuerdo al procedimiento de construcción que recomienda el Colegio de Postgraduados (CP, 1977); de esta forma se evita la formación de cornejales y se facilitan las labores agrícolas.

El objetivo de las terrazas de formación sucesiva es el control del escurrimiento superficial en las tierras de cultivo, reteniendo en cada terraza los sedimentos que éste acarrea. Se logra también una mayor retención de humedad, que podrá ser utilizada por los cultivos a establecer en la terraza, obteniendo incrementos en la producción. Puede favorecer las acciones de reforestación o plantaciones de maguey y nopal, cuando se aprovechan los bordos para su establecimiento.

Pastizal o Agostadero

Los términos pastizal y agostadero se utilizan indistintamente para referirse a aquellas áreas en donde pasta el ganado. La palabra agostadero se deriva de la acción realizada por el ganado y se refiere al lugar donde agosta, o sea donde se alimenta. Al respecto De Alba (1971), señala que agostadero es aquella tierra con pastizal nativo y que es una palabra netamente castellana que se refiere a terrenos donde agosta el ganado y es el vocablo más apto para traducir la palabra “rangeland” o pastizal utilizado en Norteamérica.

De acuerdo a la clasificación de (COTECOCA, 1974) quedan dentro del pastizal o agostadero, los siguientes tipos de vegetación: pastizal mediano abierto, pastizal amacollado, pastizal halófito, diferentes tipos de matorrales y algunos bosques con producción de forraje bajo el dosel arbóreo.

En las zonas semiáridas el agostadero o pastizal, es la fuente de alimentación más barata que existe para los rumiantes manejados en condición extensiva, donde por lo general se mantiene el ganado durante todo el año bajo un esquema de pastoreo continuo.

Rehabilitación del Pastizal o Agostadero

Cuando las acciones de manejo no son suficientes para mantener el agostadero en buena condición, quedan dos vías a seguir, una es esperar a que el proceso de sucesión ecológica permita la recuperación del sitio, lo cual es muy lento y generalmente no rentable. La segunda es inducir, mediante técnicas de rehabilitación y/o mejoramiento, una recuperación paulatina del agostadero a fin de incrementar su productividad y la conservación de los recursos naturales (Sosebee, 1994); o a través de prácticas de resiembra y prácticas mecánicas.

De la revisión de literatura se puede concluir que la erosión del suelo es uno de los grandes problemas de las aéreas agrícolas y agostaderos del país, y principalmente de las zonas áridas y semiáridas donde la mayor superficie de estas se encuentran desprovistas de vegetación por el sobrepastoreo que se presenta y por utilizar tierras para el cultivo en zonas no aptas, es decir aéreas de baja productividad potencial. Este fenómeno obedece a principio que regulan las cuencas hidrológicas, por lo cual el manejo sostenible de los recursos puede tener un enfoque de microcuenca.

Para evitar este problema de la erosión es necesario estimar el riesgo a la erosión potencial y la erosión actual utilizando los modelos ya establecidos como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos; y en función a ello proyectar acciones de manejo a través de la rehabilitación de la cobertura vegetal y del uso de algunas prácticas mecánicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

Se ubicó y se delimitó en la cartografía existente, la microcuenca Garrochitas Panalillo II de Zaragoza en la zona centro del Estado, ubicando su parteaguas y los demás componentes de la microcuenca.

El estado de San Luis Potosí, se localiza en la parte centro-oriental de la República Mexicana, colinda al norte con los estados de Zacatecas, Nuevo León y Tamaulipas; al este con Tamaulipas y Veracruz; al sur con Hidalgo, Querétaro y Guanajuato; al oeste con Zacatecas. Por su extensión territorial, ocupa el 15° lugar a nivel nacional con 61,165 Km² que representa 3.12% de la superficie total nacional (INEGI, 2002). Uno de sus municipios es Zaragoza, el cual colinda al norte con Armadillo de los Infantes; al este con San Nicolás Tolentino; al sur con Santa María del Río; al suroeste Villa de Reyes y al oeste con San Luis Potosí.

La microcuenca Garrochitas Panalillo II cuenta con una superficie de 4,675.55 has; las localidades que la integran son: Casas Blancas, Derramadero, El Castillo, El Garabatlillo, Independencia (Patol), La Estancia, Las Ánimas, Los Terreros, Ranchito de los Rivera, San José de Gómez, Valente Moreno Ponce. La microcuenca queda comprendida entre las siguientes coordenadas y altitud como se muestra en el Cuadro 6:

Cuadro 6. Coordenadas geográficas de la microcuenca Garrochitas Panalillo II, Zaragoza.

Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud
22° 10' - 22° 6'	100° 46' - 100° 40'	1930 – 2400 msnm

Fuente: INEGI 1978, Carta topográfica F14A84

Desarrollo del Proyecto

El estudio se realizó de acuerdo a lo siguiente:

- Se caracterizaron las condiciones climáticas y fisiográficas de la microcuenca.
- Se caracterizaron las condiciones socioeconómicas de la microcuenca.

- Se estimó la erosión hídrica actual y potencial con un modelo de predicción de pérdida de suelo, para ello se generó una base de datos.
- Se identificaron tecnologías y prácticas de manejo que promuevan el uso adecuado del suelo en la microcuenca para realizar las acciones de manejo.
- Se obtuvieron diseños “tipo” para terrazas de formación sucesiva y tinas ciegas para reforestación.

Generación de la base de datos

Por medio de la cartografía topográfica escaneada 1:50 000 se realizó la delimitación de la microcuenca el Garrochitas Panalillo II de manera manual, posteriormente se digitalizó el área usando una tabla digitalizadora GTCO5 con punk o digitalizador PC Arc/Info y por último se usó para el mapeo e impresión el programa ArcView. Se obtuvo una base de datos de los recursos de esta microcuenca, vía digitalización de mapas temáticos sobre suelos, vegetación, uso actual y uso potencial del suelo. De acuerdo con estos mapas, se realizó la descripción de los tipos de vegetación, tipo de suelo y uso potencial en la microcuenca, determinando su extensión por ha y el porcentaje que ocupa en el área.

Procedimiento para la digitalización y carga de base de datos

Se abre un directorio, se invoca el programa con ARC enter, y se crea una cobertura estando en ARC/INFO dándole orden con las siguientes teclas CREATE nombre de la cobertura, TABLES, SELL nombre de la cobertura, ADD, donde el programa pide los TICs los cuales son identificadores o puntos de control de la cobertura, anteriormente numerados al igual que las coordenadas de latitud y longitud en grados decimales. Una vez determinado este modelo TABLES se tecléa QUIT ST. Se comienza a digitalizar estando en el programa y directorio donde se creó la cobertura invocando al comando de edición con las instrucciones: ARCEDIT, DISPLAY 4, EDIT manifiesta el nombre de la cobertura, DRAW arc tic; DRAW dibuja los tics y los arcos de la cobertura y COOR DIG dando enter después de la instrucción, a lo que posterior a este comando todas las instrucciones tienen que ser dadas desde el punk de la tableta; la computadora pide los

TICs, los cuales se introducen desde el digitalizador presionando el número del TIC desde el digitalizador.

Posteriormente se presiona la intersección de las líneas de control del digitalizador exactamente en el TIC del mapa correspondiente al número que se marco anteriormente y tecleando la letra A del digitalizador dos veces una vez que se colocaron bien el punto del tic. Una vez que se termina de introducir los tics la maquina pide otro, pero se oprime la letra A en vez del número de tics para salir. Ya dados todos los tics a la cobertura se dan las siguientes órdenes: EF ARC, ADD que agrega los elementos a editar. Para empezar a digitalizar hay que oprimir el (8) opciones del digitalizador, luego el (3) que es para evitar el auto incremento al valor del indicador. Se ubica un punto para empezar a digitalizar oprimiendo el (0), y se prosigue digitalizando oprimiendo el número (2) apareciendo un punto, inmediatamente se oprime consecutivamente el (1) a la vez que se va moviendo la intersección de las dos líneas del digitalizador, procurando que la distancia entre uno y otro no se supere a 1 mm principalmente por las líneas sinuosas.

Para salir del programa y grabar lo digitalizado se oprime el (9) en el punk y se escribe SAVE, QUIT enter. Para corregir y quitar errores se da CLEAN nombre de la cobertura y nombre de la cobertura de salida, los valores de tolerancia ARCDIT, DISPLAY 4, EDIT (nombre de la cobertura de salida a la que se hizo la limpieza CLEAN), DRAWE ARC TIC NODE DANGLE; DRAW, EDITDISTANCE.003, SETDRAWSYM 5. Primer caso cuando las líneas están pesadas se selecciona con EF ARC; SEL MANY o EF ARC; SEL BOX, y luego DELETE enter, cuando llego la línea se le da EF NODE; MOVE enter, después se graba y se sale del programa con SAVE y QUIT enter.

Se etiqueta y se crea la base de datos de los polígonos digitalizados con las instrucciones siguientes: ARCW, DESCRIBE cobertura final limpia, BUILD cobertura final limpia, POLY; LIST cobertura final limpia. PAT; para crear la base de datos: TABLES, SELECT cobertura final limpia, POLY para que integre los campos que se introdujeron dar enter después de cada comando. El programa Arc View GIS versión 3.1 soporta mucho tipo de información y ésta aparece en ventanas diferentes. Se puede utilizar la ventana del documento para desplegar y operar: “vistas” despliega un mapa

conteniendo cada capa de información, “tablas” despliegan la información tubular, bases de datos, “gráficos” representan de manera visual la información tubular en seis tipos de gráficos, “layouts” permite juntar los diferentes tipos el proyecto y otros componentes de un mapa, “scripts” es un programa de Arc View, que permite personalizar la aplicación.

Evaluación de riesgo a la erosión

Con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica, utilizando datos vectoriales, se identificaron áreas homogéneas y se realizaron la sobreposiciones de mapas necesarias para obtener el plano de riesgo potencial a la erosión, así como el uso potencial con las recomendaciones de manejo de la microcuenca.

Para la elaboración del mapa de riesgo a la erosión se utilizó una adaptación (Zárate. 1998) que considera a la metodología propuesta por la FAO (1980), basada en la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, para estimar la erosión superficial. Se utilizaron los siguientes mapas: isoyetas medias anuales, mapas de pendientes (modelo de elevación digital), unidades de suelo de acuerdo a la clasificación FAO, fases físicas del suelo, textura y el mapa de uso del suelo y vegetación. Se trabajó con la cartografía de INEGI, escala 1:50 000. Para estimar el riesgo a la erosión los factores de la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo considerados fueron R, K, L, S (Erosividad de la lluvia, Erosionabilidad del suelo, Factor por Longitud de Pendiente y Factor por grado de Pendiente en ese orden).

Simulación para la obtención de las prácticas de manejo

Para conocer cuales prácticas de manejo son las necesarias para reducir las pérdidas de suelo a límites permisibles o cambios esperados en la pérdida de suelo, en función de cambios en el manejo de los recursos, los factores de la EUPS son C= Factor por cobertura vegetal (adimensional) y P= Factor por prácticas de manejo (adimensional).

Obtención de indicadores económicos y sociales

Se identificaron las condiciones sociales y la factibilidad social de adopción y desarrollo de las prácticas de manejo que se propongan como resultado de este proyecto. Esto a través de la obtención de datos relacionados con los aspectos técnicos, socioeconómicos, climáticos y agropecuarios del área de estudio, considerando la información del XIII Censo de población y vivienda 2005, Censo ejidal 1991, Plan Rector de la Microcuenca 2006, así como en en trabajos de investigación, libros y manuales.

Diseño del programa para el manejo de la microcuenca

En función de la información generada en sus diferentes etapas se integró el programa para el manejo de la microcuenca.

RESULTADOS

Caracterización Sociodemográfica

De acuerdo al XIII Censo de Población y Vivienda (INEGI, 2005), la población total de la microcuenca es de 1,866 habitantes, de los cuales 865 son hombres y 984 son mujeres; su población se distribuye como se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución y principales características de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Localidad	Población total	Población masculina	Población femenina	Población de 15 años y más alfabeta	Población económicamente activa	Total de viviendas habitadas
Casas Blancas	14	8	6	*	0	3
Derramadero	87	48	39	43	19	17
El Castillo	6	*	*	*	0	2
Independencia (Patol)	145	68	77	84	35	32
La Estancia	247	115	132	112	64	52
Los Terreros	59	31	28	26	15	10
Ranchito de los Rivera	320	155	165	155	78	64
San José de Gómez	977	440	537	493	220	214
Valente Moreno Ponce	11	*	*	*	0	1

* no se cuenta con información

Fuente: Censo de Población y Vivienda INEGI, 2005.

La mayor concentración de población se ubica en San José de Gómez con 52.35% del total de los habitantes de la microcuenca.

De la población total de la microcuenca, 10.27% son menores de 4 años de edad, 24% de 5 a 14 años, 56% de 15 a 59 años y el resto de la población (9.74%) son mayores de 60 años. Además el 48.92% es mayor de 15 años y es alfabeta, en tanto que 23.09% es económicamente activa.

La microcuenca cuenta con un total de 395 viviendas habitadas, con un promedio de 4 ocupantes por vivienda. En la zona se observa que del total de hogares, 18.73% de ellos tienen jefatura femenina, ya sea por no contar con el padre por haber muerto, ser

madre soltera o bien que el hombre se encuentra ausente debido a la búsqueda de trabajo, es decir que 74 hogares tienen a la mujer como jefe de familia, con una participación constante dentro de la fuerza laboral en el medio rural y productivo.

Infraestructura de Servicios

Educación

En la microcuenca la educación está cubierta en los niveles de preescolar, primaria, telesecundarias solamente en las comunidades de mayor población (San José de Gómez, Ejido Independencia y Los Rivera) (Ramiro, 2006) y para obtener sus estudios a nivel bachillerato deben acudir a la cabecera municipal principalmente por medio del Colegio de Bachilleres (COBACH). En el Cuadro 8 se presentan algunos datos del grado de escolaridad en la microcuenca.

Cuadro 8. Escolaridad de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Grupo por edad	Habitantes
Población de 6 – 14 años que saben leer y escribir	328
Población de 6 – 14 años que no saben leer y escribir	74
Población de 15 años y más alfabetas	913
Población de 15 años y más analfabetas	255

Fuente: INEGI, 2000

El índice de analfabetismo es de 13.6% y el promedio de escolaridad es de 4.6; Lo anterior es quizás uno de los factores que inciden más en el bajo desarrollo socioeconómico que existe en la microcuenca. La deserción escolar obedece principalmente a la precaria economía familiar ya que no tienen suficientes instituciones de educación posprimaria, teniendo que realizarlas en los municipios de Zaragoza y San Luis Potosí.

Alimentación

La alimentación de la población en general es maíz, frijol, trigo, tortilla, huevo, nopal, conejo, rata de campo, carne de las diferentes especies ganaderas (bovinos, ovinos y/ o caprinos) y de manera secundaria leche y sus derivados, además de que cuentan en el traspatio con aves y cerdos con fines de producción de huevo y carne, los cuales se destinan principalmente para abastecer el consumo familiar, formando parte de la dieta alimenticia de entre un 60 a un 80% de la población del área (Ramiro, 2006). El consumo de mezcal, pulque y refresco es superior al de leche.

Salud

La protección de la salud y tratamiento de enfermedades están bajo el cuidado del Instituto Mexicano del Seguro Social, que tiene establecida una unidad médica familiar en Villa de Zaragoza, mientras que en comunidades cercanas como La Salitrera y La Esperanza hay unidades médicas rurales. Por otra parte de la Secretaría de Salud y Asistencia cuenta con una unidad médica rural en la cabecera, mientras que en otras localidades como en Parada del Zarcido y Texas tienen unidades médicas rurales. En la microcuenca, solamente 500 personas están inscritas como derechohabientes al servicio de salud que brinda el IMSS de la cuales 271 personas pertenecen a la localidad San José de Gómez, y solo 23 personas son derechohabientes de la Secretaría de Salud y Asistencia. Las enfermedades que con mayor frecuencia presentan los habitantes de la región son: infecciones gastrointestinales, gripes, colitis, neumonía, bronquitis y disentería en todas sus formas, causadas en su mayoría por deficiencias ambientales, higiénicas y dietéticas.

Organización

Generalmente los integrantes de las comunidades se reúnen el último domingo de cada mes, para tratar los asuntos más importantes que acontecieron durante ese periodo, además de acordar los trabajos, para efectuar el mantenimiento y las mejoras necesarias de su localidad. Forman grupos de trabajo para desarrollar diversas actividades en beneficio de la comunidad, participando hombres y mujeres los cuales no perciben una retribución económica. Los productores carecen de recursos financieros para invertir en

tecnologías que ayuden a mejorar la explotación de sus sistemas de producción, que es el principal problema que enfrentan al interior y al exterior del grupo, por lo que su filiación política, depende de los recursos que le puedan aportar, los distintos grupos políticos. Anteriormente dependían del partido en el poder y la mayoría de la población si no es que la totalidad, profesan la religión católica. En relación a las organizaciones de los productores, no se han identificado la participación de estos, en figuras asociativas locales o municipales, siendo el líder de la comunidad, el que representa la autoridad ejidal o la autoridad del municipio.

Servicios públicos

La microcuenca dispone de servicios públicos fundamentales como lo son el agua entubada de la red pública, drenaje y la energía eléctrica. De acuerdo a lo anterior, el 56.70% de las viviendas cuentan con agua entubada de la red pública, 58.48% con drenaje y 97.43% disponen de energía eléctrica. Como se muestra en el Cuadro 9.

La mayoría de las comunidades se enlazan a través de caminos de terracería, los cuales se unen a la carretera 70 (San Luis Potosí–Valles), cuentan con transporte suburbano, que los comunica con los municipios de Zaragoza y San Luis Potosí y el servicio de telecomunicación se realiza a través de casetas telefónicas que se encuentran instaladas en las comunidades y la telefonía celular.

Cuadro 9. Servicios de las viviendas habitadas en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Servicios	Viviendas
Disponen de agua entubada de la red publica	224
No disponen de agua entubada de la red publica	166
Disponen de drenaje	231
No disponen de drenaje	154
Disponen de energía eléctrica	380
Disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica	131
No disponen de agua entubada, drenaje y energía eléctrica	3
No disponen de ningún bien	18

Fuente: INEGI, 2005

Infraestructura Industrial

La Microcuenca Garrochitas Panalillo II, carece de infraestructura industrial, por lo cual, en las temporadas de inactividad en el campo, los pobladores buscan empleo fuera de la comunidad como jornaleros o como mano de obra en las maquiladoras, ubicadas principalmente en la cabecera municipal o en la capital del estado (Ramiro, 2006).

Sistemas de Producción

Agricultura

La microcuenca Garrochitas Panalillo II, se caracteriza por tener una superficie dedicada a la actividad agrícola, de 1440 hectáreas bajo condiciones de temporal, las cuales no siempre se ubican en las tierras con vocación para la agricultura; los principales cultivos son maíz y frijol como monocultivos, en una superficie de 585 y 855 has, respectivamente, realizando una sola siembra durante el año en la estación de lluvias. El tamaño de las parcelas varía de 4 a 6 ha por productor en promedio. La producción es para consumo familiar; el forraje de los cultivos es aprovechado como alimento para el ganado, en las épocas críticas.

Ganadería

Los productores de la microcuenca Garrochitas Panalillo II, se dedican a la ganadería como una actividad complementaria, contando con una superficie aproximada de 1739 has de pastizales en mal estado, que en la mayoría de los casos carecen de cercos perimetrales, pero cuentan con tanques y ollas de agua para abrevaderos del ganado.

Las actividades pecuarias, se basan en ganadería extensiva están enfocadas hacia la explotación de especies ganaderas como son los bovinos (genotipo criollos), ovinos (encastados de ramboulet) y caprinos (encastados de nubia), con sistemas de producción de bajo nivel tecnológico y con el objetivo principal de producir carne y de manera secundaria el aprovechamiento de leche y sus derivados.

Forestal

La zona forestal se localiza en las partes altas y al oriente de la microcuenca, predominando en esta área el bosque latifoliado (encino) abarcando una superficie de 130 ha, existe también matorral espinoso como son los mezquites y huizaches; nopaleras del tipo cardón, duraznillo, rastrero, tapón, etc.; además de distintos tipos de magueyes, lechuguilla, izotal, pasto natural, etc.

En la actividad forestal predomina la recolección de plantas maderables y no maderables para fines domésticos, ya sea para leña, carbón y cercos, no existiendo ninguna infraestructura para su explotación sistemática y comercial, manifestándose una continua alteración por su explotación deficiente.

Minería

En la microcuenca Garrochitas Panalillo II, se localizan importantes depósitos de rocas ígneas, sedimentarias y de suelos aluviales, tales como, cuarzo, calcio, mármol, dolomita, además de roca para acabados y mampostería, las cuales por el momento no han sido explotadas debido a que no se cuenta con ninguna infraestructura para su explotación sistemática y comercial.

Infraestructura de Conservación de Suelo y Agua

Con la implementación de programa estatal de microcuencas, a partir del año 2003 en Garrochitas Panalillo II, los productores se han organizado e integrado un comité para desarrollar un **Plan Rector de Producción y Conservación**, donde se vienen realizando acciones para establecer un ordenamiento en el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales y actividades de beneficio productivo para la comunidad.

En el año 2006, se establecieron en suelos de ladera, líneas intermedias de vegetación como barreras vivas, con el fin de captar los escurrimientos de agua de lluvia, controlando gradualmente la erosión y de esta manera retener los recursos agua y suelo, proporcionando un producto adicional y propiciando la formación de terrazas en forma sucesiva, que permitan incrementar el valor de la tierra y la sostenibilidad del sistema.

Se reforestaron algunas áreas del agostadero con maguey, nopal, leucaena, costilla de vaca, capulín y establecimiento de pastos, con el fin de incrementar la cobertura vegetal y la calidad de forraje, apoyándose en la construcción de cercos divisorios y de exclusión, para un manejo más eficiente del agostadero, además se establecieron plantaciones con especies vegetativas de uso múltiple, que pueden aportar durante su desarrollo fruto, bebida o forraje, el cual pueda ser explotado por los productores, obteniendo un ingreso adicional, que mejore su precaria economía familiar.

También se construyeron instalaciones de agua para el ganado (bordos, ollas de agua, piletas, comederos- bebederos etc.) las cuales se ubican estratégicamente, además de obras para captación de agua y suelo (bordos a nivel, líneas intermedias de vegetación, terrazas de piedra acomodada, presas de gaviones, etc.), con el fin de captar los escurrimientos de agua de lluvia y controlar gradualmente la erosión.

Maquinaria e Implementos Agrícolas

Como equipo de trabajo, la mayoría de los productores poseen arados de tiro animal y animales de trabajo para realizar las faenas de campo y solamente cuentan con 2 tractores para realizarlas con tracción mecánica, para la preparación de las tierras y las labores agrícolas. El tamaño de las parcelas, es en promedio de 3 a 6 hectáreas por productor en el área dedicada a la actividad agrícola y en la zona de agostadero oscila entre 20 a 40 has por productor.

Clima

El clima de la microcuenca es del tipo al Oriente, semiseco templado, al Poniente, seco templado y al extremo Suroeste un clima seco semicálido. De acuerdo a datos del Inifap la temperatura promedio anual es de 14.9°C, que oscila entre 11.6°C y 18.4°C, la frecuencia de heladas es de Diciembre a Enero. La precipitación promedio anual es de 392.5 mm, esta precipitación se concentra en los meses de Abril a Octubre. La temperatura en el mes más frío oscila entre los 11.6°C, los granizos no son un factor de importancia, como se demuestra en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Xoconoxtle, Zaragoza.

Mes	Temperatura máxima media °C	Temperatura mínima media °C	Temperatura Media °C	Precipitación mm
Enero	20.6	2.7	11.6	8.6
Febrero	22.7	3.2	13.0	7.0
Marzo	25.5	5.1	15.3	3.1
Abril	27.8	5.6	16.7	27.1
Mayo	28.8	7.9	18.4	37.9
Junio	26.9	7.2	17.0	62.3
Julio	25.2	7.3	16.2	59.2
Agosto	25.7	7.0	16.4	61.2
Septiembre	23.8	6.8	15.3	82.8
Octubre	22.1	4.9	13.5	25.7
Noviembre	22.1	3.8	12.9	9.4
Diciembre	20.8	2.9	11.8	8.2
Anual	24.3	5.4	14.9	392.5

Fuente: Medina *et al.*, 2005

En la Figura 2 se presenta el climograma de esta estación climatológica donde se puede observar que los meses más fríos son diciembre y enero con un temperatura promedio de 11.8 °C y 11.6 °C respectivamente. Los meses más cálidos son de abril a agosto con un temperatura promedio de 17 °C, con la temperatura máxima en el mes de mayo con 18.4 °C, siendo en este mes también cuando se comienza a aumentar considerablemente la precipitación, siendo los meses con mayor precipitación de junio a septiembre, con la precipitación más elevada en el mes de septiembre con 82.8 mm.

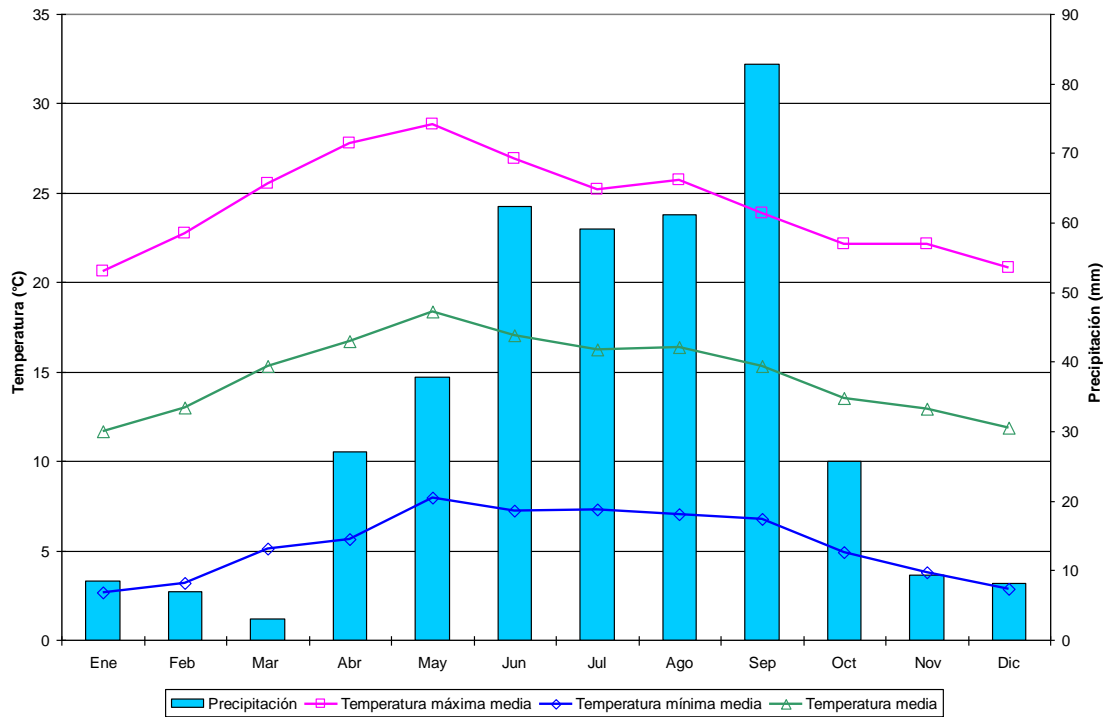


Figura 2. Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Xoconoxtle, Zaragoza. Fuente: Medina *et al.*, 2005.

De acuerdo con la información del Cuadro 10 y de la Figura 2, se puede observar que la época de sequía es un hecho que siempre se presenta y tiene estacionalidad que es consecuencia de los fenómenos naturales que se presentan a través de la temperatura y la precipitación, conociendo los datos anteriores la estrategia a seguir para ayudar al ecosistema de la microcuenca es hacer más énfasis en las acciones de conservación de agua, manejo adecuado de los cultivos y que los proyectos que se realicen sean sustentables.

Hidrología

La microcuenca Garrochitas Panalillo II pertenece a la región hidrológica RH-37 “El Salado” (Cuadro 11), la cual ocupa parte de la altiplanicie septentrional en donde cubre la porción noroccidental del estado, con una extensión de 58.29% de la superficie total estatal. Se caracteriza por una serie de cuencas cerradas en donde la topografía es

monótona, con pocas elevaciones importantes y por consiguiente carece de grandes corrientes superficiales.

Perteneciente a la cuenca de la Presa San José-Los Pilares y otras, la cual cubre una superficie de 17.48% del territorio potosino, observándose innumerables corrientes intermitentes como los arroyos Magdalenas, Cañada Verde, Palomas, Potrerillos, Ojo de Agua, San Pedro e Independencia. La calidad del agua varía desde salina media y alta en la parte norte de la cuenca, hasta de salinidad media y baja en la porción sur (INEGI, 2002).

Se ubica dentro de la subcuenca Presa San José. Está delimitada en los puntos de mayor elevación o parte aguas y reúne en un punto de salida el drenaje de las aguas que ocurren dentro de esta área, por lo que se considera una cuenca endorreica o lacustre (Ramiro, 2006).

Cuadro 11. Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.

REGIÓN	CUENCA	SUBCUENCA
RH-37 “El Salado”	Presa San José-Los Pilares y otras	Presa San José

Fuente: Carta Hidrológica de aguas superficiales, 1:250 000

En la red de drenaje de la microcuenca los tipos de corrientes se pueden clasificar como del tipo efímeras, ya que solo conduce agua durante las lluvias o inmediatamente después de estas. El modelo de drenaje que presenta es del modelo dendrítico (Campos, 1998). Con relación al sistema de corrientes en la microcuenca se cuenta con 46 de primer orden, 19 de segundo orden, 6 de tercer orden y seis de cuarto orden, ocurriendo un total de 77 corrientes, resultando ser una Microcuenca de cuarto orden como se muestra en la Figura 3.

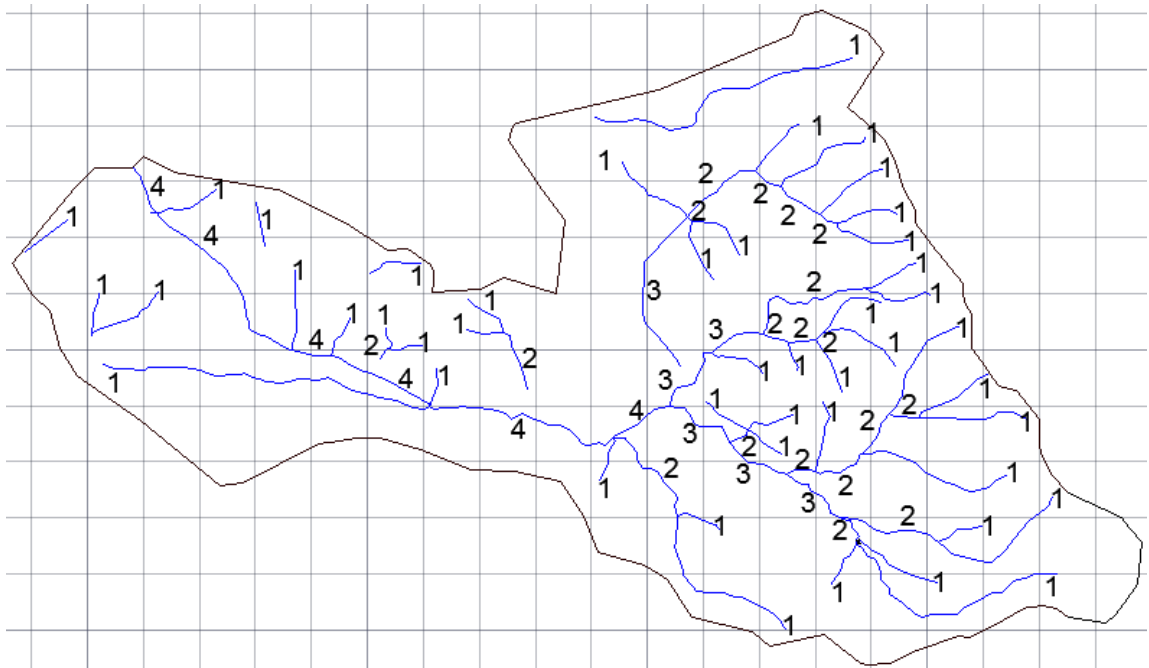


Figura 3. Red de drenaje de la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

La densidad de drenaje es de 0.29 km/km². Por lo común se encuentran bajas densidades de drenaje en regiones de rocas resistentes o de suelos muy permeables con vegetación densa y donde el relieve es débil y se obtienen altas densidades de drenaje en áreas de rocas débiles o de suelos impermeables y una densidad de corriente de 1.68 causes por km² (Ramiro, 2005).

Geología

La geología está compuesta en su mayoría de rocas ígneas principalmente, + riolita, toba ácida; con rocas sedimentarias, + conglomerado, caliza y lutita y suelos aluviales, residual, piamonte. Su composición se describe a continuación:

Rocas ígneas + (riolita) 47.77%. Roca de textura porfídica con fenocristales de cuarzo y sanidino, presenta fracturamiento moderado y estructura fluidal. Subyace discordantemente a rocas del Mesozoico, su edad corresponde al terciario (Plioceno-Mioceno), aflora principalmente en la zona centro de la microcuenca en una superficie de 2234 ha. Su composición química es idéntica a la del granito, está compuesta en

escencia por feldespato y cuarzo, entre los minerales oscuros contenidos en algunos especímenes, la biolita castaño oscuro es la más común.

Rocas ígneas + (toba ácida) 35.14%. Roca de composición riolítica con fracturamiento moderado e intemperismo somero. La unidad sobreyace a rocas del Mesozoico, su edad corresponde al Oligoceno- Mioceno, este tipo de roca puede ser utilizado para acabados y mampostería, afloran en la parte oriental de la microcuenca en un área de 1643 ha.

Rocas sedimentarias + (conglomerado) 1.19%. Roca de origen continental constituida por fragmentos de rocas sedimentarios y volcánicas, su litología y grado de cementación varia, los fragmentos son redondeados y varían de 1 a 30 cm de diámetro, subyace discordantemente a rocas sedimentarias del Cretácico y volcánicas del Terciario. Esta unidad se originó durante los eventos de depositación aluvial Pliocénicos y Pleistocénicos que provocaron depósitos gravosos, aflora en la zona occidente de la microcuenca en un área de 56 ha.

Rocas sedimentarias + (caliza y lutita) 0.96%. Rocas de origen marino, depositadas en aguas someras, la unidad incluye a las formaciones; Indidura y Soyatal, ambas del Cretácico Superior. La formación Soyatal está constituida por alternancia de calizas y lutitas de origen marino con textura de grano fino, depositadas en la plataforma Valles-San Luis Potosí, en esta unidad predomina la Lutita que se presenta en capas laminares de color pardo, la caliza se presenta en capas delgadas con nódulos, lentes y delgadas capas de pedernal negro, aflora en la parte centro –norte de la zona en un área de 45 ha.

Suelos (aluviales) 12.98%. Suelo producto de la erosión a que son sometidas las rocas preexistentes de la región. Está constituido por gravas, arenas, limos y arcillas. Este nombre incluye a los depósitos que ocurren en las llanuras de inundación y los valles de los ríos, aflora en la parte norte y oriente de la microcuenca en un área de 607 ha.

Suelos (residual) 1.32%. Conformado por una capa de material intemperizado, de rocas preexistentes, que no ha tenido transporte alguno, aflora en 62 ha de la microcuenca.

Suelos (piamonte) 0.61%. Está formado por materiales no consolidados, ricos en materia orgánica, que se han depositado en zonas pantanosas, aflora en una pequeña porción de la microcuenca en 28.55 ha.

Cuadro 12. Diferentes tipos de unidades geológicas en la microcuenca.

Clave	Agrupación	Descripción	Área (ha)
Ts (R)	R. ígneas extrusivas	Riolitas	2234
Ts (cg)	R. sedimentarias	Conglomerado	56
Ts (ta)	R. Ígneas extrusivas	Toba ácida	1643
Q (al)	Suelos	Aluviales	607
Ks (cz-lu)	Rocas sedimentarias	Caliza y Lutita	45
Q (re)	Suelos	Residual	62
Q (pi)	Suelos	Piamonte	28.55

Fuente: INEGI, 2009.

Fisiografía

La microcuenca queda ubicada en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental, en la Subprovincia Cordilleras Bajas. Los elementos orográficos consisten de cordilleras alargadas de orientación general nornoroeste, que están flanqueadas por estrechos valles aluviales y cubiertos por algunas mesetas de origen volcánico, con pendientes que oscilan del 8% al 20%.

La altura sobre el nivel del mar de la microcuenca Garrochitas Panalillo II varía de 1930 m en su parte más baja a 2400 m en la más alta, constituyendo su principal relieve orográfico el Cerro del Aire con una altitud de 2400 msnm (Ramiro, 2006).

Suelos

En la microcuenca garrochitas panalillo II; los suelos de mayor predominancia son del tipo Litosol asociado con suelos tipo Rendzina y Phaeozem luvico con textura fina (1602.64 ha) del total de la microcuenca, en segundo lugar predominan los tipo Phaeozem luvico con textura fina con una superficie de 1370.43 has, así como

Phaeozem luvico con textura media con una superficie de 549.05 ha y los de menor presencia en la microcuenca son del tipo de Litosol asociado con suelos Phaeozem luvico con textura media con una superficie total de 45.88 ha lo que representa 0.98% de la superficie (Cuadro 13).

Cuadro 13. Unidades de suelos presentes es la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Descripción	Unidad de Suelo	Área (ha)	Porcentaje
Phaeozem luvico	HI/2 y HI/3	1919.48	41.05%
Phaeozem luvico + Litosol eutrico	HI+Ie/3	112.45	2.41%
Litosol	I/2	506.16	10.83%
Litosol + Rendzina + Phaeozem luvico	I+E+HI/3	1602.64	34.28%
Litosol + Phaeozem luvico	I+HI/2	45.88	0.98%
Xerosol haplico	Xh/2	488.93	10.46%

Características de las unidades de suelo

HI (/2 y /3): Suelos que se pueden presentar en cualquier tipo de relieve y clima, excepto en regiones tropicales lluviosas o zonas muy desérticas. Es el cuarto tipo de suelo más abundante en el país. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes son de profundidad muy variable. Cuando son profundos se encuentran generalmente en terrenos planos y se utilizan para la agricultura de riego o temporal, de granos, legumbres u hortalizas, con rendimientos altos. Pueden utilizarse para el pastoreo o la ganadería con resultados aceptables. El uso óptimo de estos suelos depende en muchas ocasiones de otras características del terreno y sobretodo de la disponibilidad de agua para riego. Con la subunidad luvico, suelos con acumulación de arcilla en el subsuelo. Son generalmente de color rojizo o pardo oscuro. Estas unidades de suelo cuentan con textura media y fina respectivamente.

HI + Ie/3: El suelo que predomina en esta unidad es Phaeozem luvico, asociado con suelos del tipo Litosol eutrico; Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación

que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. Con la subunidad eutríco, suelos ligeramente ácidos a alcalinos y más fértiles que los suelos dístricos. Esta unidad de suelo cuenta con textura fina.

I/2: Se caracterizan por su profundidad menor de 10 centímetros, limitada por la presencia de roca, tepetate o caliche endurecido. Su fertilidad natural y la susceptibilidad a la erosión es muy variable dependiendo de otros factores ambientales. El uso de estos suelos depende principalmente de la vegetación que los cubre. En bosques y selvas su uso es forestal; cuando hay matorrales o pastizales se puede llevar a cabo un pastoreo más o menos limitado y en algunos casos se destinan a la agricultura, en especial al cultivo de maíz o el nopal, condicionado a la presencia de suficiente agua. Esta unidad de suelo cuenta con textura media.

I+E+HI/3: El suelo que predomina en esta unidad es Litosol, asociado con suelos del tipo Rendzina; estos suelos se presentan en climas semiáridos, tropicales o templados. Se caracterizan por tener una capa superficial abundante en materia orgánica y muy fértil que descansa sobre roca caliza o materiales ricos en cal. Generalmente las rendzinas son suelos arcillosos y poco profundos por debajo de los 25 cm. Si se desmontan se pueden usar en la ganadería con rendimientos bajos a moderados pero con gran peligro de erosión en laderas y lomas. El uso forestal de estos suelos depende de la vegetación que presenten. Son moderadamente susceptibles a la erosión, y asociados también con suelos del tipo Phaeozem luvico. Esta unidad de suelo cuenta con textura fina.

I+HI/2: El suelo que predomina en esta unidad es Litosol, asociado con suelos del tipo Phaeozem luvico. Esta unidad de suelo cuenta con textura media.

Xh/2: Se localizan en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte de México. Su vegetación natural es de matorral y pastizal. Tienen por lo general una capa superficial de color claro por el bajo contenido de materia orgánica. Debajo de esta capa puede haber un subsuelo rico en arcillas, o bien, muy semejante a la capa superficial. Muchas veces presentan a cierta profundidad manchas, aglomeraciones de cal, cristales de yeso o caliche con algún grado de dureza. Su rendimiento agrícola está en función a la disponibilidad de agua para riego. Son de baja susceptibilidad a la erosión, salvo en

laderas o si están directamente sobre caliche o tepetate a escasa profundidad. Con la subunidad haplico, suelos que no presentan características de otras subunidades existentes en ciertos tipos de suelo. Esta unidad de suelo cuenta con textura media.

GARROCHITAS PANALILLO II

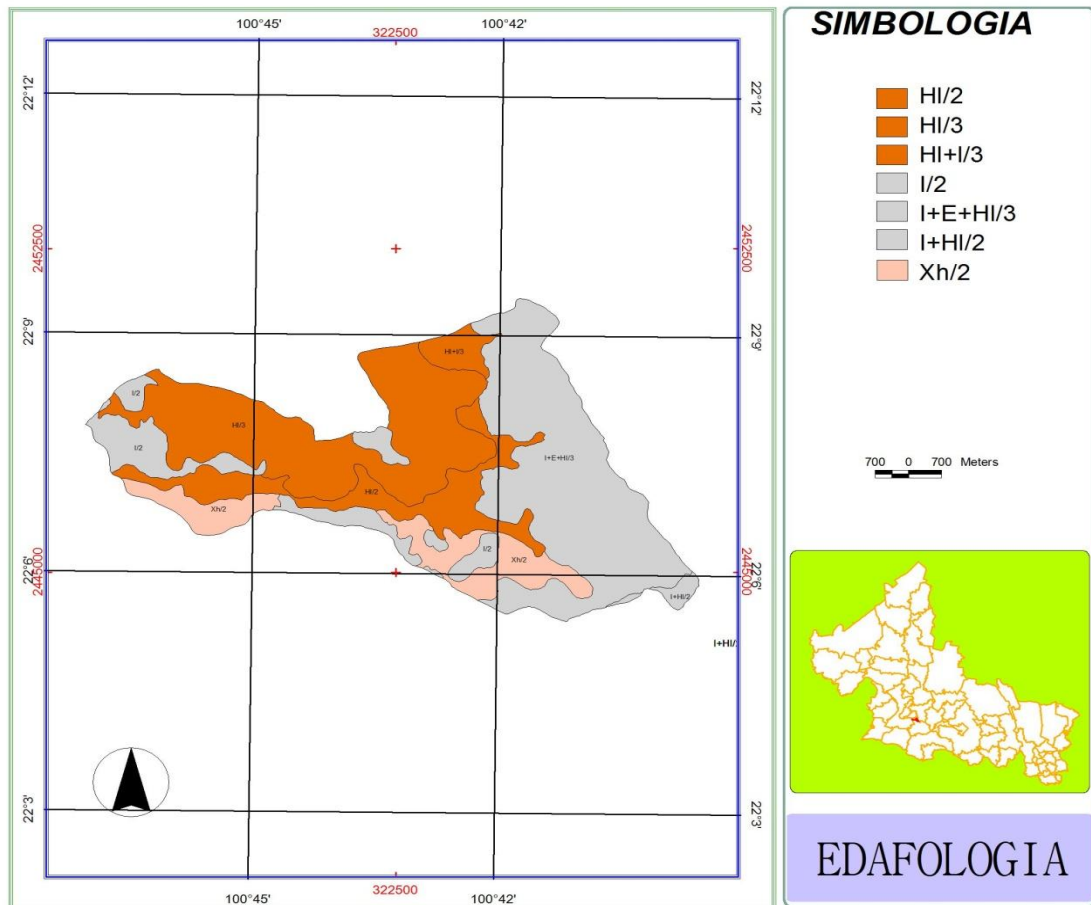


Figura 4. Tipos de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 edafología 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Distribución de la superficie edafológica

La distribución de las unidades de suelo que conforman la microcuenca Garrochitas Panalillo II es la siguiente: Litosol + Rendzina + Phaeozem luvico (I+E+HI/3) con 34.28% igual a 1602.64 has, Phaeozem luvico (HI/3 y HI/2) con 29.31% y 11.74% en el total de la microcuenca con una superficie de 1370.43 has y 549.05 has respectivamente, Litosol (I/2) con 10.83% en el total correspondiente a 506.16 has, Xerosol haplico (Xh/2) con un porcentaje de sobre la superficie total de 10.46% ósea 488.93 has, Phaeozem luvico + Litosol eutrico (HI+Ie/3) con 2.41% ósea 112.45 has de la superficie y finalmente Litosol + Phaeozem luvico (I+HI/2) con un porcentaje de 0.98% equivalente a 45.88 has.

Caracterización de la Vegetación y Uso del Suelo en la Microcuenca Garrochitas Panalillo II

Flora

La vegetación juega un papel importante en la regulación del escurrimiento superficial y la recarga del acuífero, así como en la protección del suelo contra la erosión. La vegetación además de ser parte estructural de los ecosistemas, constituye el hábitat para la fauna silvestre. El tipo de vegetación es: en la parte alta se practica la actividad forestal encontrando vegetación como Bosque Natural Latifoliado (Encino, *Quercus* sp.), Crasi Rosulifolios Espinosos y chaparral en la parte sur, además de matorral espinoso (huizache y mezquite), matorral inerme y subinerme (maguey), nopaleras (nopal cardon, tapón y rastrero) e izotal. La vegetación que cubre las áreas pecuarias está constituido principalmente por pastizal natural (navajita y banderilla), matorral espinoso (huizache y mezquite), nopaleras (nopal rastrero, cardon y duraznillo) y chaparral. (Ramiro, 2005). Las especies de vegetación más destacadas en la microcuenca se presentan en el Cuadro 14.

Fauna

La fauna en la microcuenca es poca y entre ellas se encuentran grandes y pequeños mamíferos, aves y reptiles. Algunas especies son muy escasas y los pobladores en años ya no las han observado La fauna en la microcuenca está compuesta como lo indica el Cuadro 15.

Cuadro 14. Vegetación existente en la microcuenca Garrochitas Panalillo II

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Encino	<i>Quercus laurina</i>	Nopal Duraznillo	<i>Opuntia leucontricha</i>
Encino	<i>Quercus potosina</i>	Coyonoxtle	<i>Opuntia imbricata</i>
Charrasquillo			
Ramón	<i>Dalea bicolor</i>	Nopal Cuijo	<i>Opuntia cantabrigensis</i>
Colorin	<i>Eritrina flabeliformis</i>	Garabatillo	<i>Mimosa sp</i>
Tejocote	<i>Crataegus mexicana</i>	Uña de Gato	<i>Mimosa monancistra</i>
Capulín	<i>Prunus serotina</i>	Gatuño	<i>Mimosa biuncifera</i>
Maguey	<i>Agave sp</i>	Escobilla	<i>Baccharis ramulosa</i>
Zacate panizo	<i>Panicum bulbosum</i>	Romerillo	<i>Cowania mexicana</i>
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	Gobernadora	<i>Larrea tridentata</i>
Huisache	<i>Acacia schaffneri</i>	Sangre de Grado	<i>Jatropha dioica</i>
Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizans</i>	Biznaga	<i>Mamilaria sp</i>
Nopal Cardón	<i>Opuntia robusta</i>	Zacate	<i>Bouteloua curtipendula</i>
Nopal Rastrero	<i>Opuntia rastrera</i>	Banderilla	
		Navajita Azul	<i>Bouteloua gracilis</i>

Cuadro 15. Especies de fauna silvestre de la microcuenca Garrochitas Panalillo II

Nombre Común	Nombre Científico
Ratones	<i>Perognathus spp.</i>
Ratas de Campo	<i>Mus musculus</i>
Ardillas	<i>Ammospurmophilus spp.</i>
Conejos	<i>Sylvilagus audubonii</i>
Liebres	<i>Lepus alleni</i>
Mapaches	<i>Procyon lotor</i>
Tejón	<i>Taxidea taxus</i>
Zorrillos	<i>Mephitis mephitis</i>
Coyote	<i>Canis latrans</i>
Perros	<i>Canis familiaris</i>
Jabalís	<i>Sus scrofa</i>
Venados	<i>Odocoileus virginianus</i>
Gato Montes	<i>Felis silvestris</i>
Águila	<i>Aquila spp.</i>
Búhos	<i>Bubo spp.</i>
Lechuzas	<i>Tyto alba</i>
Palomas	<i>Columba spp.</i>
Codorniz	<i>Coturnix coturnix</i>
Víbora de Cascabel	<i>Crotalus dorissus</i>

Uso Actual del Suelo

Con relación al uso actual del suelo, la utilización de este y la vegetación dependerán de la intensidad con que los habitantes de la microcuenca le otorguen, lo que va a repercutir en las condiciones del suelo. Actualmente su uso se clasifica en: a) Usos Agrícola, b) Uso Pecuario y c) Asociaciones especiales de vegetación (Figura 5).

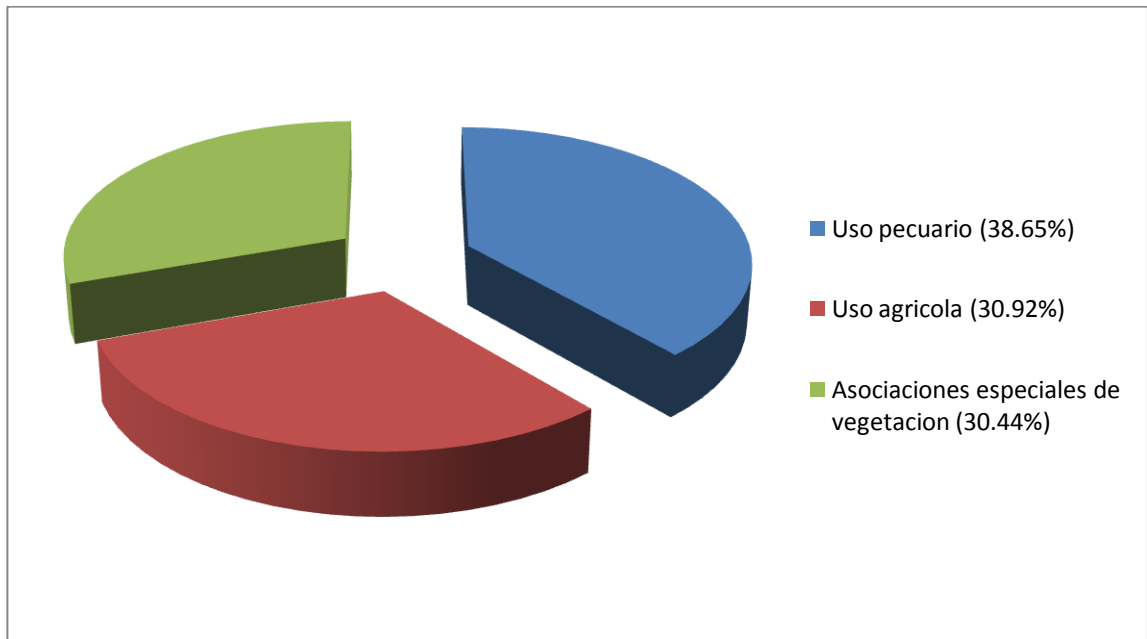


Figura 5. Uso actual de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

GARROCHITAS PANALILLO II

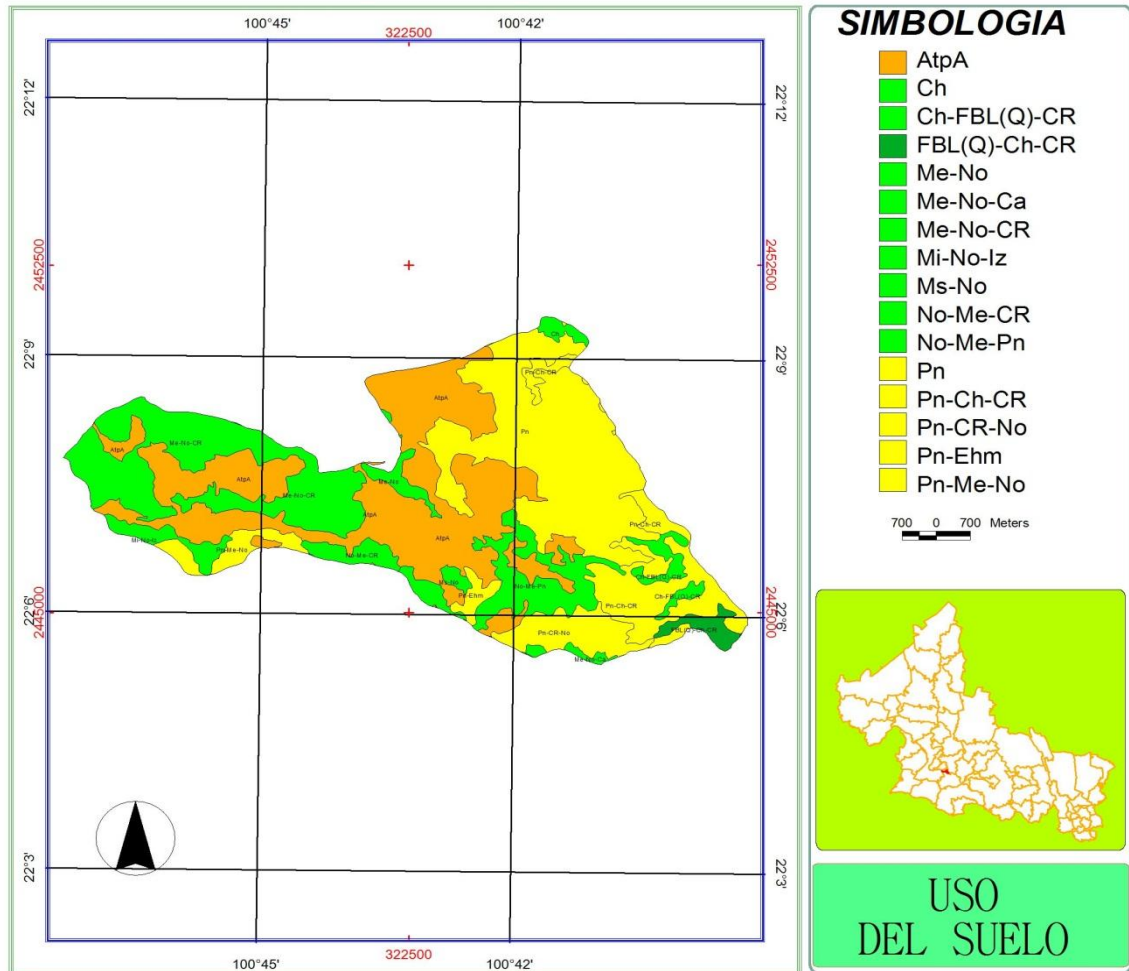


Figura 6. Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 uso del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Asociaciones especiales de vegetación

Ocupan el 30.44% de la superficie de la microcuenca. En el Cuadro 16 se describen las asociaciones de vegetación localizadas en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Cuadro 16. Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en microcuenca
Ch	Chaparral	28.64	0.62
CH-FBL(Q)-CR	Chaparral-Bosque natural de latifoliadas (encino) crasi-rosulifolios espinosos	73.04	1.57
Me-No	Matorral espinoso-Nopalera	48.39	1.04
Me-No-Ca	Matorral espinoso-Nopalera-Cardonal	22.2	0.48
Me-No-CR	Matorral espinoso-Nopalera-) crasi-rosulifolios espinosos	729.32	15.67
Mi-No-Iz	Matorral inerme-Nopalera-Izotal	75.52	1.62
Ms-No	Matorral subinerme-Nopalera	19.14	0.41
No-Me-CR	Nopalera-Matorral espinoso- crasi-rosulifolios espinosos	67.23	1.44
No-Me-Pn	Nopalera-Matorral espinoso-Pastizal natural	295.46	6.35
FBL(Q)-Ch-CR	Bosque natural de latifoliadas (encino)- Chaparral-crasi-rosulifolios espinosos	57.67	1.24

Chaparral (Ch): Se presenta como asociación vegetal generalmente densa, de árboles y arbustos esclerófilos de 1 a 4 m de alto resistentes al fuego. Se presenta generalmente en laderas de cerros. Formada por especies arbustivas como los encinos, acompañadas de otras especies.

Bosque natural de latifoliadas (encino) (FBL): Es una comunidad constituida por arboles encino, por las características de los encinos estos bosques han sido muy explotados con fines forestales para la extracción de la madera, lo cual provoca que este tipo de vegetación tienda a fases secundarias las que a su vez sean incorporadas a la actividad agrícola y pecuaria.

Crasi-rosulifolios espinosos (CR): Asociaciones de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como: Magueyes (*Agave spp.*), Guapillas (*Hechtia spp.*), Lechuguilla (*Agave lechuguilla*), Espadín (*Agave striata*), Sotoles (*Dasyllirion spp.*) etc.

Matorral espinoso (Me): Formado por más del 70% de plantas espinosas, conviviendo al mismo tiempo con plantas crasas, con altura a veces de 5 a 10 metros.

Entre los matorrales de este tipo son frecuentes el huizache, mezquite, uña de gato, etc. Generalmente se encuentran en climas y grados de humedad árido y semiárido.

Nopalera (No): Asociación de plantas comúnmente conocidas como nopales, plantas del género *Opuntia*, que presenta sus tallos planos; comúnmente se encuentra en zonas áridas y semiáridas del país. Es muy importante su aprovechamiento de frutos y tallos para el consumo humano e incluso pecuario.

Cardonal (Ca): Agrupación de plantas crasas, con altura a veces de 5 a 10 m; generalmente se encuentran en climas y grados de humedad árido y semiárido. Se incluyen: Garambullo (*Mytillocactus geometrizans*), Candelabros (*Stenocereus spp.*) y Cardones (*Pachycereus spp.*), Teteches (*Neobuxbaumia tetetzo*), Viejo (*Cephalocereus spp.*) etc.

Matorral inerme (Mi): Comunidad formada por más del 70% de plantas sin espinas, como los matorrales de gobernadora (*Larrea tridentata*), hojasén (*Flourenzia cernua*), nagua blanca o trompillo (*Cordia greggi*), hierba de burro (*Franseria dumosa*), etc.

Izotal (Iz): Agrupaciones del genero *Yucca*, conocidas como palmas en el norte y izotes en el sur de México; se encuentran en zonas áridas y semiáridas. Constituyen asociaciones importantes como las de *Yucca filifera*, palma china (*Yucca decipiens*), palma samandoca (*Yucca carnerosana*), Izote (*Yucca periculosa*), etc. Este tipo de fisonomía se encuentra presente en matorrales y algunos pastizales naturales.

Matorral subinerme (Ms): Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción de unas y otras es mayor de 30% y menor de 70%. Este tipo de vegetación se encuentra en laderas, cañadas y partes altas, sean planas o con pendientes, de las mesetas o lomeríos. Crecen sobre suelos someros que a veces presentan una capa superficial de hojarasca y son comunes los afloramientos de roca madre.

Uso agrícola

La superficie con uso agrícola corresponde al 30.92% de la superficie total es decir 1439.48 ha aunque en realidad el área es superior, debido a que han incorporado grandes extensiones pecuarias y forestales para la actividad agrícola; el tipo de tenencia de la tierra es ejidal y de pequeña propiedad; los principales sistemas de producción son el

maíz y el frijol como monocultivos. En el Cuadro 17 se describen el tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Cuadro 17. Tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en microcuenca
AtpA	Agricultura de temporal permanente para cultivos anuales	1439.48	30.92

AtpA: Comprende una superficie de 1439.48 ha que corresponde al 30.92% de la superficie de la microcuenca y del total del uso agrícola en la zona. Este tipo de agricultura depende del agua de lluvia, estableciéndose principalmente cultivos anuales cuyas variedades prosperan bajo escasa precipitación. Entendiéndose como cultivos anuales, a los que permanecen sembrados en el terreno en un tiempo variable, pero no mayor de un año de acuerdo a su ciclo fenológico en que ofrece mayor producción, tales como, maíz, frijol o pastos.

Uso pecuario

La microcuenca cuenta con 3215.72 ha donde se mezcla tanto la zona de agostadero, como para llevar a cabo algún aprovechamiento forestal. En lo correspondiente al agostadero, este se caracteriza por ser un área que por las series limitaciones climáticas corresponde a la clase IV para el desarrollo de actividades de pastoreo en las cuales se puede localizar, pastizal natural, nopaleras y especies arbustivas ramoneables de baja producción, sometidas a pastoreo extensivo y que aunado a la escasa precipitación pluvial, acelera la erosión de la zona, siendo las especies ganaderas predominantes, los bovinos, ovinos y caprinos.

La superficie para uso pecuario no necesariamente debe corresponder de manera estricta a una asociación vegetal específica como el pastizal por ejemplo, sino que puede extenderse a otras aéreas con fisonomía diferente aunque utilizada para el mismo fin, siempre y cuando la misma vegetación lo permita. Existe el pastizal natural con otras

asociaciones de la vegetación en la parte sur y este de la microcuenca, ocupando el 38.65% de la superficie en la que se asegura que se desarrollaran actividades agropecuarias. En el Cuadro 18 se describen el tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Cuadro 18. Tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo II

Tipo de vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en microcuenca
Pn	Pastizal natural	1070.61	23.00
Pn-CR-No	Pastizal natural- crasi-rosulifolios espinosos-Nopalera	189.98	4.08
Pn-Ch-CR	Pastizal natural-Chaparral-crasi-rosulifolios espinosos	398.14	8.55
Pn-Ehm	Pastizal natural-Erosión hídrica	43.11	0.93
Pn-Me-No	Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera	97.27	2.09

Pastizal natural (Pn): es una comunidad dominada por especies de gramíneas, hay un solo estrato herbáceo, en el cual suelen dominar las gramíneas, aunque en la época favorable pueden aparecer especies de otra familia, se desarrolla en suelos medianamente profundos de mesetas, valles y laderas poco inclinadas. Los suelos propios de los pastizales son fértiles y medianamente ricos en materia orgánica y se erosiona con facilidad. Los pastizales son de altura media (20 a 70 cm), aunque por el intenso pastoreo se mantienen casi siempre más abajo.

Muchas de las actividades que se realizan dentro de la microcuenca Garrochitas Panalillo II, utilizan los recursos naturales que posee. Pero los pobladores no realizan un uso adecuado de la vegetación, que permitan un aprovechamiento sustentable, ocasionando severos daños ambientales, provocando pérdidas económicas que se pudieran evitar realizando un uso adecuado del uso del suelo y la vegetación actual.

Uso Potencial del Suelo

El uso potencial de las tierras se define como el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida y una oferta permanente en el tiempo de bienes y servicios ambientales, sin deteriorar los recursos naturales.

Disponer de información sobre el uso potencial que los recursos naturales ofrecen, significa saber que productos pueden obtenerse directamente o mediante la transformación, así como conocer el tipo y las posibilidades de uso que dichos recursos ofrecen, visualizar su comportamiento y expectativas frente a las condiciones que imponen cada sistema de aprovechamiento utilizado. Las clases de uso de suelo y extensión territorial presentes dentro de la microcuenca se muestran en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Clase de capacidad de uso del suelo	Superficie (ha)	Superficie (%)
IV/c	439.77	9.41
IV/sc	869.84	18.61
IV/sce	187.53	4.01
VI/s	976.60	20.89
VII/s	1200.05	25.67
VIII	1000.71	21.41

Cada unidad cartográfica en la microcuenca Garrochitas Panalillo II representada para el uso potencial (Figura 7) describe el conjunto de las condiciones a las que el hombre tiene que enfrentar (transformar o adaptarse a ellas) para aprovechar mejor el suelo y sus recursos en el desarrollo de la agricultura, la ganadería o el aspecto forestal.

Descripción de la clase de uso de suelo

Unidad de clase IV/c

Esta clase esta descrita como una región de uso preferentemente agrícola, donde hay necesidad de riego todo el año pero aun es viable una agricultura de temporal, con una pendiente de 15%, sirve para cultivos muy limitados, suelo somero (hasta 30 cm), tiene

una alta susceptibilidad a la erosión severa del agua y viento. Requiere de métodos intensivos de conservación de suelos como: terrazas, cortinas rompevientos y fertilización química anual.

Restricciones

Limitado por clima (c). En él se atiende la cantidad de agua disponible, ya sea que provenga de la lluvia, de sistemas de riego, de la humedad debida a la retención de agua proveniente de la precipitación o de la combinación de las dos primeras condiciones.

Unidad de clase IV/sc

Esta clase esta descrita como una región de uso preferentemente agrícola, donde hay necesidad de riego todo el año pero aun es viable una agricultura de temporal, con una pendiente de 15%, sirve para cultivos muy limitados, suelo somero (hasta 30 cm), tiene una alta susceptibilidad a la erosión severa del agua y viento. Requiere de métodos intensivos de conservación de suelos como: terrazas, cortinas rompevientos y fertilización química anual.

Restricciones

Limitado por suelo (s). De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad.

Limitado por clima (c). En él se atiende la cantidad de agua disponible, ya sea que provenga de la lluvia, de sistemas de riego, de la humedad debida a la retención de agua proveniente de la precipitación o de la combinación de las dos primeras condiciones.

Unidad de clase IV/sce

Esta clase esta descrita como una región de uso preferentemente agrícola, donde hay necesidad de riego todo el año pero aun es viable una agricultura de temporal, con una pendiente de 15%, sirve para cultivos muy limitados, suelo somero (hasta 30 cm), tiene una alta susceptibilidad a la erosión severa del agua y viento. Requiere de métodos intensivos de conservación de suelos como: terrazas, cortinas rompevientos y fertilización química anual.

Restricciones

Limitado por suelo (s). De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad.

Limitado por clima (c). En él se atiende la cantidad de agua disponible, ya sea que provenga de la lluvia, de sistemas de riego, de la humedad debida a la retención de agua proveniente de la precipitación o de la combinación de las dos primeras condiciones.

Limitado por erosión (e). Se considera el tipo de erosión y grado de pérdida de suelo, sea ésta causada por efectos del viento (erosión eólica), agua (erosión hídrica) o de ambos elementos.

Unidad de clase VI/s

Los suelos de esta clase son apropiadas para pastizales, con limitaciones moderadas. Son terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes (20-35%) y que ofrecen muy escasa resistencia a la erosión hídrica; son suelos poco profundos (15-25 cm), con excesiva pedregosidad. Por las características mencionadas esta unidad se considera como no apropiada para los cultivos anuales, pero si para los cultivos especiales o vegetación natural.

Restricciones

Limitado por suelo (s). De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad.

Unidad de clase VII/s

Presenta suelos con limitaciones severas apropiadas para pastizales o silvicultura. Son terrenos con pendientes fuertes, con suelos escasos (8 a 15 cm de profundidad) que presentan poca resistencia a la acción erosiva del agua y viento. Esta clases se considera como tierras no adecuadas para plantaciones de cultivos especiales pero si para vegetación natural.

Restricciones

Limitado por suelo (s). De este factor se considera la profundidad efectiva y la pedregosidad.

GARROCHITAS PANALILLO II

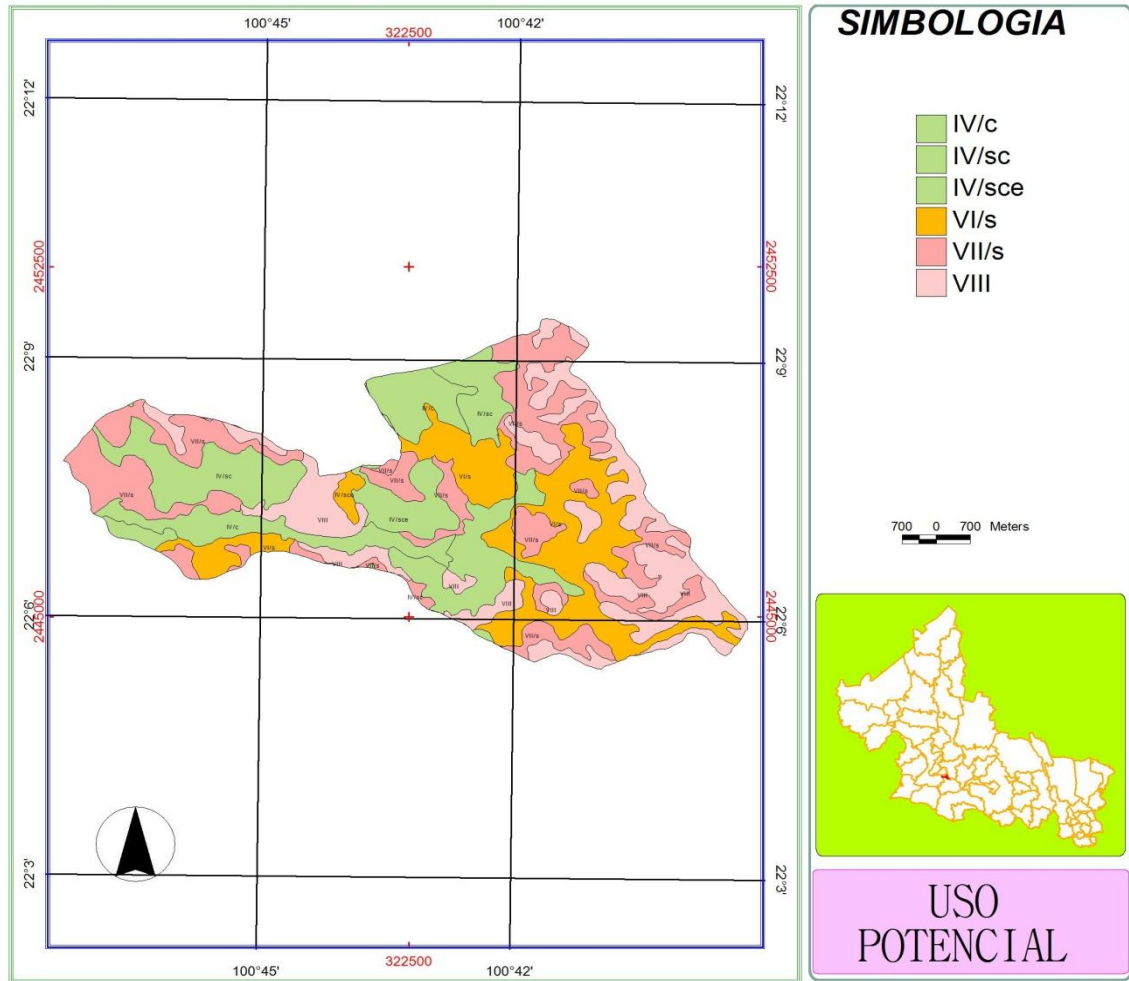


Figura 7. Uso potencial de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Unidad de clase VIII

Esta clase, desde el punto de vista agroecológico no presenta algún uso ya que por lo general son tierras muy escabrosas (pendiente de 100%), arenosas, demasiado áridas, como para dedicarlas a cultivos, pastizales o silvicultura, pero que pueden ser útiles para el sostenimiento de la fauna silvestre o esparcimiento y en algunos casos se opina que estos terrenos son útiles para la extracción de materiales de construcción o para la

industria urbana. En la microcuenca en esta clase quedan incluidas las áreas atravesadas por numerosas cárcavas profundas y las áreas muy escarpadas y rocosas. Por estas características, se considera como tierras no adecuadas para uso agropecuario y forestal.

Superficie de capacidad de uso de suelo

La mayor parte de la microcuenca especialmente al norte y este presenta tierras de la clase IV en una superficie de 1497.14 has ósea el 32.03% de la superficie total; estas son apropiadas como uso agrícola especialmente donde hay necesidad de riego todo el año pero aun es viable una agricultura de temporal. En la parte media existen tierras que pertenecen a la clase VII/s ocupando 1200.05 has (25.67% de la superficie de la microcuenca); estas son apropiadas para la silvicultura. La clase VIII útiles para el sostenimiento de la fauna silvestre o esparcimiento y en algunos casos se opina que estos terrenos son útiles para la extracción de materiales de construcción o para la industria urbana, ocupa una superficie de 1000.71 has (21.41% de la superficie) y, finalmente la clase VI/s con 976.6 has abarca 20.89% de la superficie de la microcuenca; son apropiada para pastizales o vegetación natural.

El uso potencial del suelo indica el uso más intensivo que puede soportar el suelo, garantizando una producción agropecuaria sostenida, beneficiando su estabilidad, rentabilidad, disminuyendo la erosión hídrica y otros tipos de erosión, asegurando la producción de los pobladores y productores de la zona.

Erosión Potencial

La erosión potencial es el de la erosión que se produciría si se elimina completamente la vegetación del territorio sin afectar al resto de parámetros de los que depende, como la pendiente, la susceptibilidad del suelo a la erosión u otros.

Haciendo uso de la ecuación universal de pérdida de suelos y con el apoyo de los Sistemas de Información Geográfica se obtuvo que la erosión potencial sobrepasa extremadamente los límites permisibles de pérdida de suelo (10/t/ha/año) en más de la mitad de la microcuenca en una superficie total de 80.04% equivalente a 3673.83 ha. En

la Figura 8 se presenta la ubicación de las zonas con diferentes grados de erosión potencial en la microcuenca.

La erosión potencial predominante es la de clase moderada con riesgo de pérdida de suelo de 10-50 t/ha/año en 40.09% (1840.04 ha), en segundo lugar le sigue la clase de erosión alta con un riesgo de erosión de 50-200 ton/ha/año en 38.60% (1771.71 ha), la erosión potencial ligera que representa pérdidas de 0-10 t/ha/año se presenta en un 19.95% (915.70 ha) de la superficie y finalmente la erosión potencial muy alta con un riesgo de pérdida de más de 200 t/ha/año que afecta solo al 1.35% (62.05 has) de la superficie total de la microcuenca (Cuadro 20).

Cuadro 20. Clase de erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Clase de erosión	Superficie (ha)	% en microcuenca
Ligera (0-10 t/ha)	915.70	19.95
Moderada (10-50 t/ha)	1840.04	40.09
Alta (50-200 t/ha)	1771.74	38.60
Muy alta (>200 t/ha)	62.05	1.35

GARROCHITAS PANALILLO II

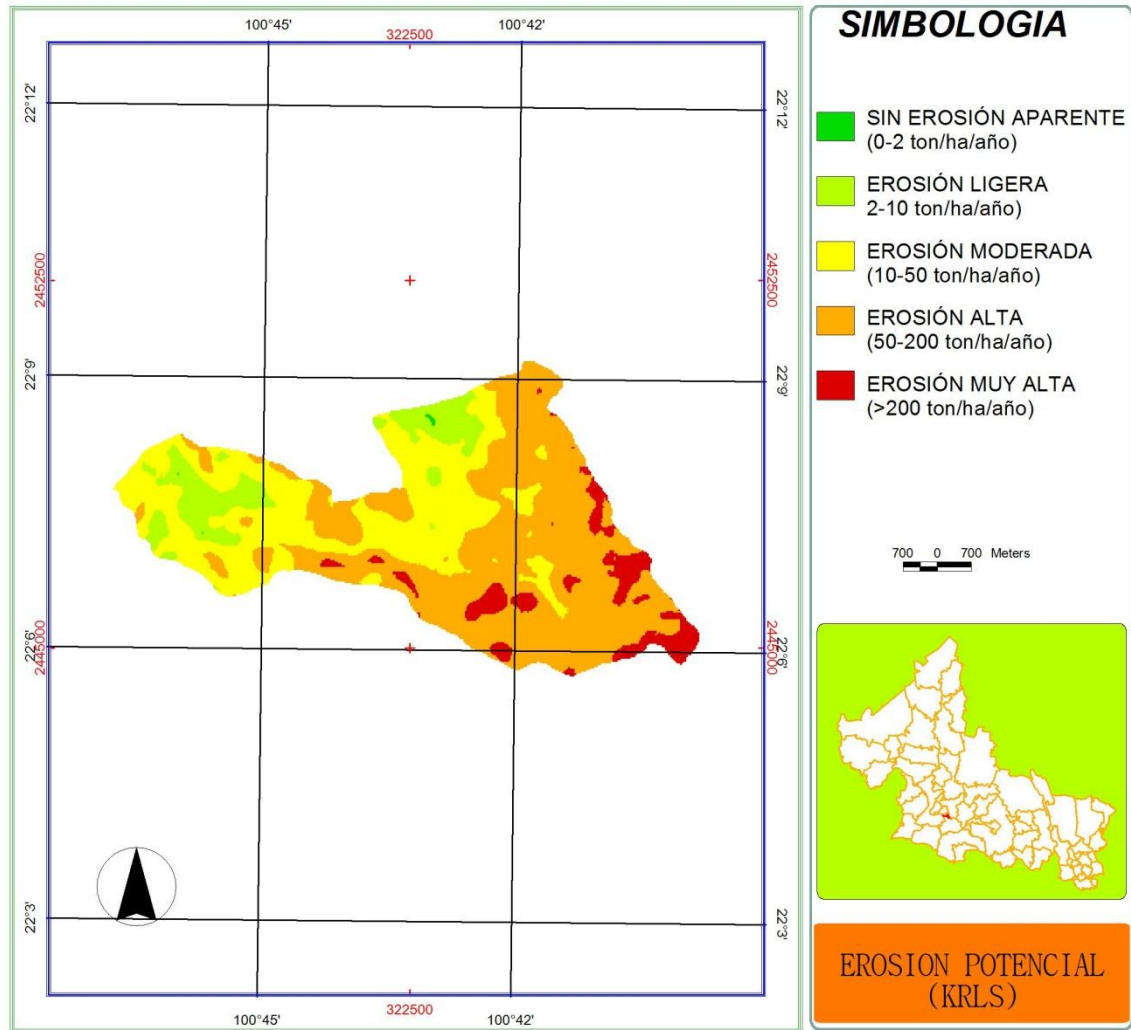


Figura 8. Erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 erosión potencial del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Erosión Actual

La ecuación de erosión hídrica actual considera los factores RKLSC, es decir los factores de la erosión potencial (RKLS) más el factor atenuante cobertura vegetal actual (C). El problema de la erosión actual se presenta por que en la mayoría de las ocasiones los pobladores no mantienen un manejo adecuado de la vegetación, que permita un aprovechamiento sustentable, ocasionando severos daños ambientales cuyos negativos

se ven reflejados en la pérdida de suelo. En la Figura 9, se presenta la distribución del grado de erosión actual que presenta la microcuenca. La erosión más predominante es la de la clase ligera (pérdida de suelo de 0-10 t/ha/año), seguida de la moderada (10-50 t/ha/año) y finalmente la erosión alta con un riesgo de pérdida de suelo de 50-200 t/ha/año, siendo esta la de mayor importancia.

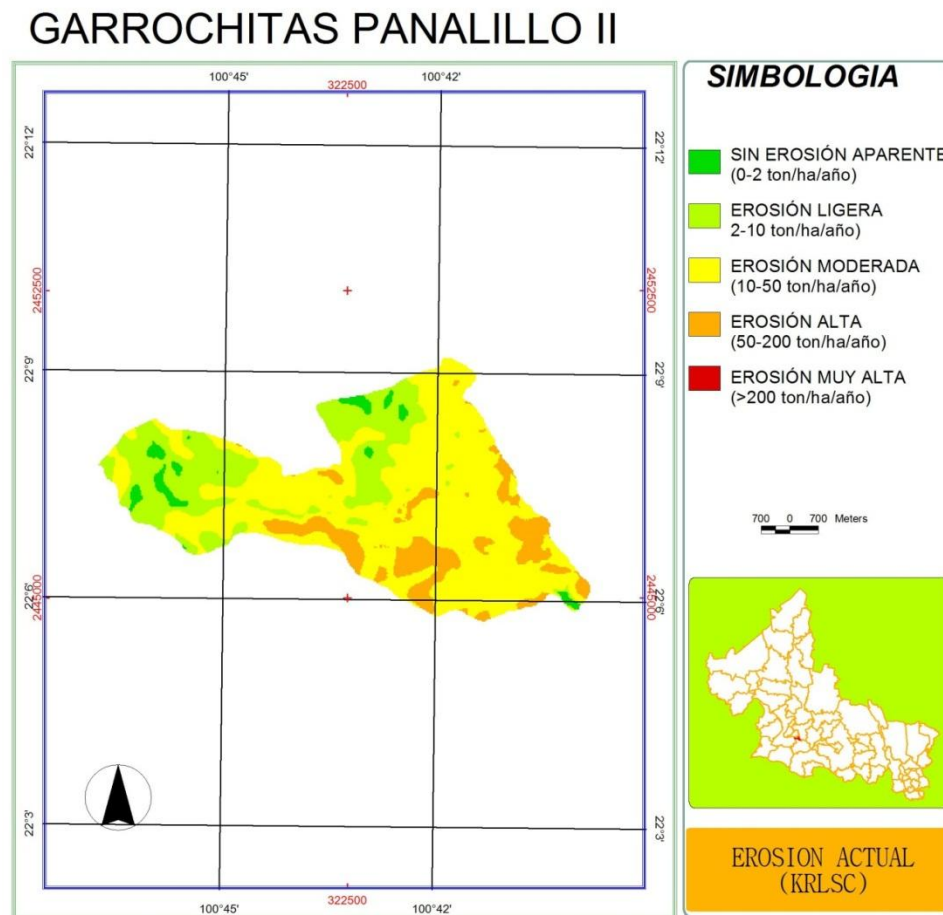


Figura 9. Erosión actual en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 erosión actual del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada por INIFAP, 2007).

Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas

Erosión con prácticas vegetativas

La cobertura del suelo es el factor más importante en el control de la erosión hídrica; incluye a la vegetación (natural o cultivada) y los residuos de cosecha. Tiene efectos benéficos en la reducción de las pérdidas de suelo ya que le brinda protección contra la

acción de los agentes erosivos. En base al grado de protección durante el año, las coberturas vegetales pueden ser temporales o permanentes. Una cubierta vegetal suficiente reduce la erosión a límites aceptables. La eficiencia de la vegetación para reducir la erosión depende de la altura y continuidad de la cubierta vegetal aérea, de la densidad de la cobertura en el suelo y de la densidad de raíces (Figueroa *et al.*, 1991). La cobertura de plantas juega un papel importante en la reducción de la erosión, siempre y cuando cubra una proporción alta de la superficie del suelo. Los bosques son los más efectivos en el control de la erosión, aunque un pastizal en buenas condiciones puede tener la misma eficiencia si la cobertura vegetal en la superficie del suelo (cobertura basal) es mayor al 70%.

En las Figuras 10 y 12 es posible observar cómo se va reduciendo la erosión potencial y actual en la medida en la que se incluyen prácticas de manejo de la cobertura (C_1) y prácticas mecánicas de conservación del suelo (Factor P). La ecuación para la erosión con prácticas de manejo de la vegetación es $RKLSC_1$, donde C_1 , es el factor importante porque depende del uso y manejo que de las especies vegetales, cubriendo el suelo con ellas generando un subsistema de protección. Comparando la erosión con prácticas de manejo de especies vegetales con la erosión actual, se observa que deja de existir la erosión hídrica alta y se aprecia una diferencia en los niveles de erosión los cuales se reducen significativamente.

Las prácticas vegetativas consideran el desarrollo de plantas en agostaderos, en sistemas agroforestales, áreas naturales y cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo, lugares en los cuales se debe llevar a cabo un manejo adecuado de las especies vegetales en los cultivos, además de realizar prácticas de reforestación y revegetación del área, junto a ello actividades o prácticas que involucren el desarrollo de éstas (Loredo, 2005).

GARROCHITAS PANALILLO II

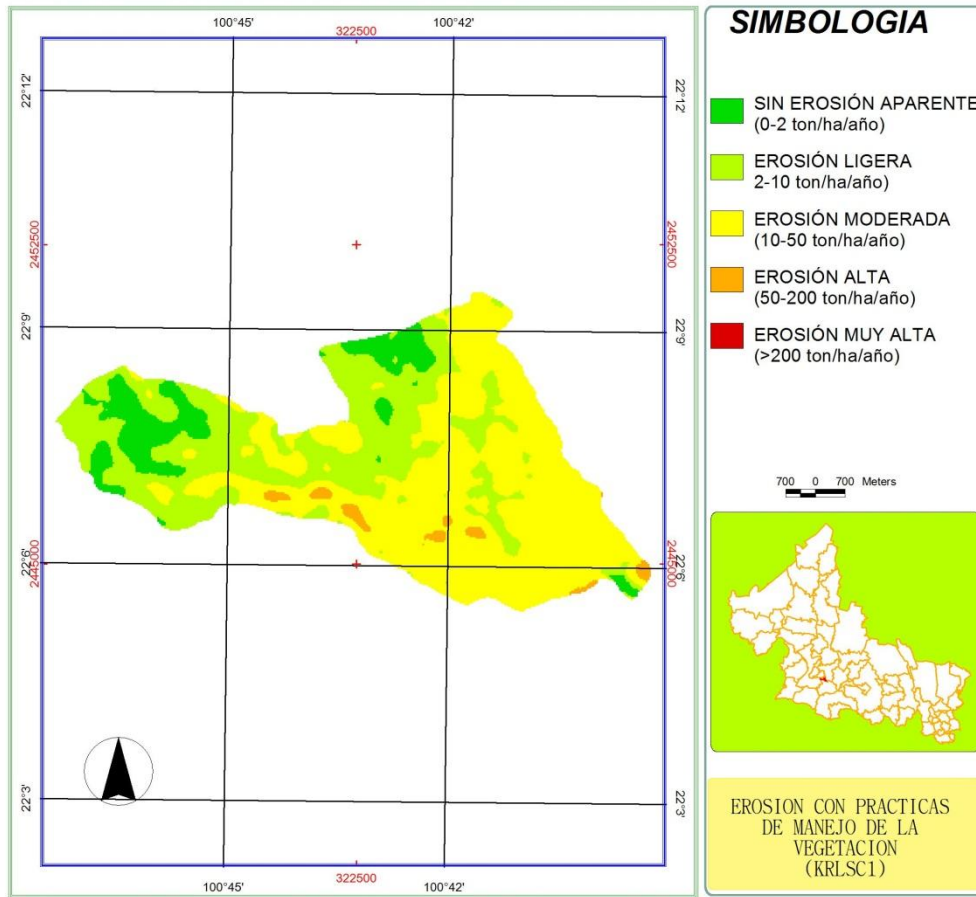


Figura 10. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 erosión con prácticas de manejo de la vegetación 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Las prácticas agronómicas y vegetativas más recomendadas para la microcuenca Garrochitas Panalillo II son las siguientes según coincido con Loredo, 2005:

Rotación de cultivos: Se refiere al crecimiento de dos o más cultivos en el mismo terreno, estableciendo uno después de cosechar el otro. Generalmente se recomienda sembrar una leguminosa después de una gramínea o bien un cultivo de mayor densidad (avena, cebada o trigo) después de uno de surco.

Cultivo en fajas: Implica el establecimiento de dos o más cultivos en el mismo periodo o ciclo de cultivo. Un ejemplo sería 10 surcos de maíz, diez de frijol y 10 de avena.

Cultivos asociados a policultivos: Implican el crecimiento de dos o más cultivos en el mismo terreno y al mismo tiempo. En México la asociación maíz-frijol ha sido utilizada desde épocas prehispánicas.

Cultivo de cobertera: Es el establecimiento de cultivos después de la cosecha del cultivo de interés económico, con el fin único de mantener cubierto el suelo y reducir las pérdidas por erosión. Generalmente se trata de un cultivo tupido en el cual es recomendable la presencia de una leguminosa de ciclo corto.

Abonos verdes: Implica que el cultivo de cobertera se incorpore al suelo para incrementar su fertilidad. La incorporación se debe realizar con suficiente tiempo antes de la siguiente siembra, para promover la descomposición de las plantas.

Sistemas agroforestales: Sistemas de producción que involucran en el mismo terreno, árboles y arbustos, cultivos anuales y/o ganado.

Las prácticas agronómicas para el control de la erosión, se refieren a las actividades de manejo del terreno, tales como el subsoleo o cinceleo, labranza de conservación, incorporación de materia orgánica y aplicación de mejoradores, que tiendan a reducir la densidad aparente del suelo, a incrementar su capacidad de infiltración, disminuir el escurrimiento y conservar la humedad. A continuación se mencionan algunas de ellas.

Subsoleo o cinceleo. Esta práctica consiste en fracturar el suelo en su perfil para romper el “piso de arado” con el objeto de incrementar la capacidad de infiltración, promover la penetración de raíces y reducir el escurrimiento superficial. Permite aumentar temporalmente la porosidad del suelo si se realiza a capacidad de campo. Debe efectuarse después de comprobar que la profundidad del suelo es la conveniente, teniendo cuidado de no mezclar capas fértiles con infértiles, en el caso de suelos poco profundos. La separación entre los cinceles dependerá de las condiciones del terreno y del tipo de resultados que se requieran, pero deberán penetrar a una profundidad mínima de 45 centímetros. Como la formación del piso de arado en los terrenos agrícolas es muy común, se recomienda realizar el subsoleo con una periodicidad promedio de 4 años. No debe realizarse en suelos de poca profundidad.

Labranza de conservación. Sistema de laboreo y siembra que mantiene al menos 30% de la superficie del suelo cubierta con residuos después de la siembra. El suelo se prepara al mínimo, solamente para enterrar la semilla y los residuos vegetales se mantienen sobre la superficie para proteger al suelo.

Labranza cero. No se disturba el suelo antes de la siembra. Esta se realiza en forma directa y solo se prepara una franja no mayor de 7 cm de ancho. El control de la maleza se realiza con herbicidas.

Labranza en camellones. La siembra se realiza sobre camellones o surcos de 10 a 15 cm de altura, en la parte media del surco. El control de malezas se realiza combinando herbicidas y escardas.

Labranza en franjas. Se labora solamente un tercio de la superficie al momento de la siembra, lo cual puede realizarse con arado rotatorio, o con un cincel en la línea de la siembra o una escardilla. El control de malezas se realiza combinando herbicidas y escardas.

Labranza en coberteras. Se labora la superficie del suelo antes de la siembra, con cinceles de puntas en “v” del tipo pata de ganso. Se dejan los residuos de cosecha sobre la superficie del terreno. El control de la maleza se realiza con una combinación de herbicidas y escardas.

La labranza en coberteras con el multiarado, ha resultado una buena opción para productores del Altiplano Potosino (Martínez, 2003), con la ventaja que en este sistema se conservan y favorecen las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo. Además se disminuye el número de pasos de maquinaria agrícola y se ahorran tiempo y costos. Se evitan pérdidas de humedad.

En las tierras donde se cultivan básicos como maíz, frijol y cebada, se puede usar el multiarado para roturar el terreno sobre el rastrojo o paja del cultivo. Esto permite que la mayor parte de los residuos vegetales queden sobre el terreno constituyendo una cubierta protectora eficiente. Este método es muy adaptable a suelos de textura franco-arenosa, debido a que permite la siembra directa sin preparación previa. En suelos de textura más pesada como los limo-arcillosos, se puede aflojar e incorporar previo al multiarado, parte de los residuos de cosecha por medio del arado de vertedera (Loredo, 2005).

Considerando que en la parte de las tierras donde se tiene riesgo a la erosión alto y moderado no son agrícolas, sino son dedicadas al pastoreo de animales, se recomienda realizar un buen plan de apacentamiento con rotaciones efectivas de potreros y controlar la capacidad de carga animal. Ya que en aquellos sitios en los que la condición del agostadero es muy pobre (con menos del 15% de plantas deseables) es necesario recurrir a técnicas de rehabilitación de pastizales a través de la resiembra de gramíneas y el establecimiento de arbustivas forrajeras con apoyo de estructuras de retención de humedad. Para ello es necesario considerar la propagación de especies nativas, con el fin de restablecer las especies que cuentan con todas las ventajas que les de su condición de nativas, la selección debe cumplir las siguientes características (Beltrán *et al.*, 2005):

- Adaptada al sitio.
- Tolerante a la sequía.
- Productividad alta.
- Valor nutritivo alto.
- De fácil establecimiento.
- Agresiva (no invasora).
- Resistente al pastoreo.
- Buena aceptabilidad por el ganado.

Las especies que han mostrado ser sobresalientes para incrementar la producción de forraje en las zonas áridas y semiáridas se presentan en el Cuadro 21.

Todas aquellas áreas donde no es posible la recuperación a corto plazo debido a lo abrupto del terreno pero que son sitios de pastoreo, se deben recuperar paulatinamente a través del establecimiento de algunas prácticas mecánicas de conservación de suelo y agua. Para rehabilitar este tipo de agostaderos, se recomienda recurrir a prácticas mecánicas tales como tinas ciegas o bordos en curvas a nivel, con el establecimiento aguas arriba del bordo de arbustivas forrajeras, maguey o nopal.

Cuadro 21. Principales especies recomendadas para la rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas.

Tipo	Origen	Nombre común	Nombre científico
Gramínea	Nativa	Banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>
Gramínea	Nativa	Navajita	<i>Bouteloua gracilis</i>
Gramínea	Nativa	Gigante	<i>Leptochloa dubia</i>
Gramínea	Nativa	Tempranero	<i>Setaria machrostachya</i>
Gramínea	Introducida	Buffel	<i>Cenchrus ciliaris</i>
Gramínea	Introducida	Klein	<i>Panicum coloratum</i>
Gramínea	Introducida	Llorón	<i>Eragrostis curvula</i>
Gramínea	Introducida	Rhodes	<i>Chloris gayana</i>
Gramínea	Introducida	Garrapata	<i>Eragrostis superba</i>
Arbustiva	Nativa	Chamizo	<i>Atriplex canescens</i>
Arbustiva	Nativa	Guajillo	<i>Acacia berlandieri</i>
Arbustiva	Nativa	Ramoncillo	<i>Dalea tuberculata</i>
Arbustiva	Nativa	Vara dulce	<i>Eysenhartia polystachya</i>
Arbustiva	Nativa	Mariola	<i>Parthenium incanum</i>
Arbustiva	Introducida	Numularia	<i>Atriplex nummularia</i>
Arbustiva	Introducida	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>
Árborea	Introducida	Morera	<i>Morus alba</i>
Árborea	Nativa	Mezquite	<i>Prosopis sp</i>

Fuente: Beltrán *et al.*, 2005.

También es recomendable la construcción de presas filtrantes para el control de azolves, las cuales son estructuras de piedra acomodada, que se construyen de manera escalonada desde la parte alta de las cárcavas, a fin de detener el suelo que acarrear los escurrimientos (Beltrán *et al.*, 2005).

Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos

La fórmula de la ecuación para la erosión con prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas $RKLS C_1 P$ consideran los factores generadores y los atenuantes, estos últimos se deben de poner en práctica de urgencia desde el momento en que existe una erosión superior a la permisible (10 t/ha/año). Las prácticas se deben de realizar en conjunto tomando en cuenta los 5 factores desde un principio antes de llegar a una erosión grave, (alta y muy alta) situación en la que solo en algunos casos se puede retener y no recuperar el suelo perdido. Los factores $C_1 P$ son la integración de prácticas

de manejo de la vegetación (como las antes mencionadas) y, prácticas mecánicas y de conservación para prevenir y disminuir en la máxima potencialidad la erosión hídrica.

Las prácticas mecánicas son aquellas actividades que se realizan con implementos agrícolas, aditamentos especiales o con mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, con el fin de disminuir los escurrimientos superficiales y reducir la erosión en terrenos con pendiente (Loredo, *et al.*, 2005). Además, en las zonas áridas y semiáridas, existen zonas agrícolas donde el conocimiento y la experiencia tradicional han propiciado una agricultura basada en el manejo de los escurrimientos superficiales a través de la utilización del agua que escurre en corrientes intermitentes durante la época de lluvias, la cual es dirigida hacia parcelas limitadas por “bordos parcelarios”, generalmente localizados en la parte baja de las microcuencas; a estos terrenos les llaman “enlamados”.

Antes de diseñar las estructuras utilizadas en la conservación del suelo y agua, especialmente las prácticas mecánicas, se debe tener información sobre la época de lluvias y de los escurrimientos que se presentan en el área de la microcuenca. Para el diseño de las terrazas de formación paulatina, individuales o de banco, canales de desvío y otras estructuras usuales para resolver los problemas de erosión, es necesario estimar los escurrimientos máximos a diferentes periodos de retorno, tomando en cuenta la intensidad-duración de la precipitación, así como el tamaño y características de la microcuenca.

En la zona agrícola donde se aplica riego por gravedad las prácticas recomendadas son levantamiento de bordos, afine y revestimiento de canales en caso de que estas sean de tierra, nivelación de las tierras de cultivo para mejor distribución del agua y reducción de las pérdidas de suelo. Estas zonas ubicadas en la parte centro de la microcuenca presenta un riesgo a la erosión leve, por lo cual con prácticas de manejo es suficiente.

En la superficie destinada a temporal, se recomienda surcado al contorno y las terrazas de formación paulatina.

En las partes altas e intermedias, donde se identificó riesgo a la erosión alto y severo, es indispensable el control de los escurrimientos, para evitar que el arrastre de partículas cause daño en las zonas de riego ubicadas en la parte baja de la microcuenca. La obra que se utiliza para este medio son las tinas ciegas o zanjas trincheras, esta práctica

consiste en abrir zanjas y bordos en forma discontinua sobre curvas a nivel; tal discontinuidad forma un dique divisor entre zanja y zanja. Para la construcción de las tinas ciegas se excava en material común o en algunos casos en material del tipo I y II; el material extraído se coloca de aguas abajo de la tina. Esta práctica se realiza generalmente con mano de obra. El sistema recomendado para la ubicación de las tinas, es del tresbolillo, para favorecer la captación de la mayor parte del escurrimiento generado en el terreno (Loredo, 2005).

Los objetivos que se persiguen con este tipo de obras son:

- La recarga de mantos acuíferos.
- Reducir la fuerza del escurrimiento en terrenos con pendientes fuertes.
- La captación de agua de lluvia en cada una de las tinas que puede ser útil para el desarrollo de especies vegetativas.
- Control de sedimentos en las partes altas, para evitar que se azolven vasos de almacenamiento o terrenos de cultivo en la planicie.
- En las zonas de bosque, pueden ser usadas para la siembra de arbolitos en las reforestaciones.

En la Figura 11 se presentan las dimensiones recomendadas para la construcción de las tinas ciegas, con las siguientes medidas: largo = 1.0 m; ancho en la base del fondo = 0.40m; altura = 0.6 m; y, ancho superior = 0.7 m.

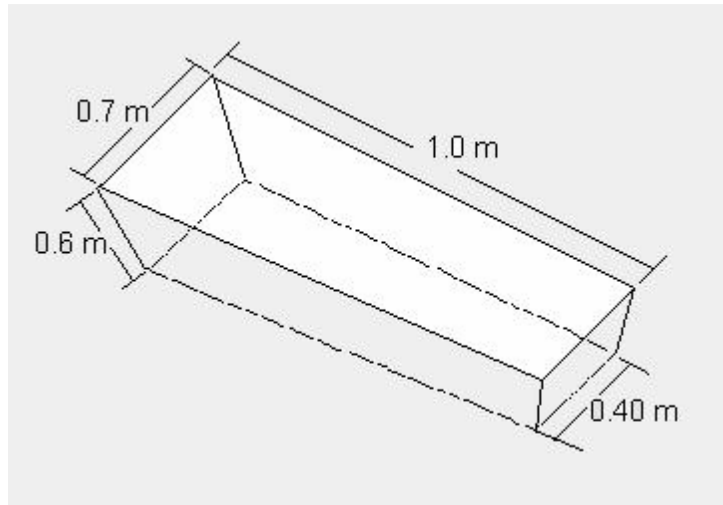


Figura 11. Croquis de una tina ciega. Fuente: Loredo, 1986.

De acuerdo a esta medida el volumen de la tina será de 0.33 m^3 . Para tener el control más eficiente del escurrimiento, se recomienda dejar entre tina y tina una distancia de 0.80 m, de tal forma que en una línea de 100 metros se establecerán 55 tinas. Según la CONAFOR; el manejo de las tinas ciegas se hace con las medidas de $2 \text{ m} \times 0.40 \text{ m} \times 0.40 \text{ m} = 0.32 \text{ m}^3$, con un total de 250 tinas ciegas por ha. Todas estas obras se realizan con curvas a nivel, con una pendiente de 5% para las tinas ciegas. Es importante señalar que en años anteriores ya sea realizada esta obra ya que en el año 2004 se construyeron 10, además de la construcción de 450 terrazas (bordos) en el año 2006.

Para la reforestación en el año 2006, se plantaron diferentes especies en 1,534 has; distribuidas de la siguiente manera Maguey (225 has), Nopal (200 has), Leucaena (550 has), Costilla de vaca (507), Capulin (30 has) y Cedro blanco (22 has). Con el objetivo de propiciar su regeneración natural, así como también, implementar sistemas de producción agroforestal, además de la construcción de infraestructura para la captación de los escurrimientos de agua de lluvia y obras de conservación para los recursos suelo y agua, con el propósito de reducir los niveles de erosión. Las fuentes de financiamiento son las instituciones dedicadas al sector rural como, Firco, Gobierno del Estado, Alianza para el Campo (Papir, Prodesca, etc.), Municipio, Conafor, Semarnat, Sagarpa y otros, además de las aportaciones de los productores (Ramiro, 2005).

Además para el año 2007 se puso en marcha el “Proyecto Producción en Laderas de Durazno y Manzano con Sistema de Riego por Goteo” en el ejido Independencia que se encuentra dentro de esta microcuenca, con el objetivo de es desarrollar los más eficientes sistemas de producción y explotación de los recursos (producción en laderas de durazno y manzana con sistema de riego por goteo), que permitan mejorar la capacidad productiva de las áreas deforestadas, para reincorporar las áreas degradadas a la producción agropecuaria y forestal, incrementando la producción de las especies vegetales en forma paulatina y proporcionando mejores condiciones de vida a los productores del área y a sus familias, además de ayudar a disminuir la pérdida de suelo por efecto de los agentes erosivos especialmente por el efecto que tiene el impacto de las gotas del agua de lluvia.

Para mejorar el control del escurrimiento se puede proyectar un dren interceptor el cual; es un canal colector de aguas broncas para su encauzamiento a velocidades no erosivas hacia zonas acondicionadas para su desalojo, o bien, para su conducción a bordos de almacenamiento. Esta obra se construye en pendientes que varían del 10 al 15% y se ubica en la parte superior al lugar en donde se construirán las terrazas de base angosta, evitando que éstas se rompan a causa de avenidas incontroladas. El dren interceptor distribuye el agua de escurrimiento en forma controlada a cauces bien definidos. Para su diseño se requiere conocer el escurrimiento máximo esperado (Loredo *et al.*, 2005).

En la Figura 12 se pudo observar que si se aplican las prácticas mecánicas y vegetativas se puede erradicar por completo la parte de la microcuenca que contaba con erosión del tipo alta (50-200 t/ha/año) y solo queda en la microcuenca terreno con erosión ligera (0-10 t/ha/año) y erosión moderada (10-50 t/ha/año) lo que indica que casi la mitad del terreno se encuentra dentro de los límites permisibles de erosión.

GARROCHITAS PANALILLO II

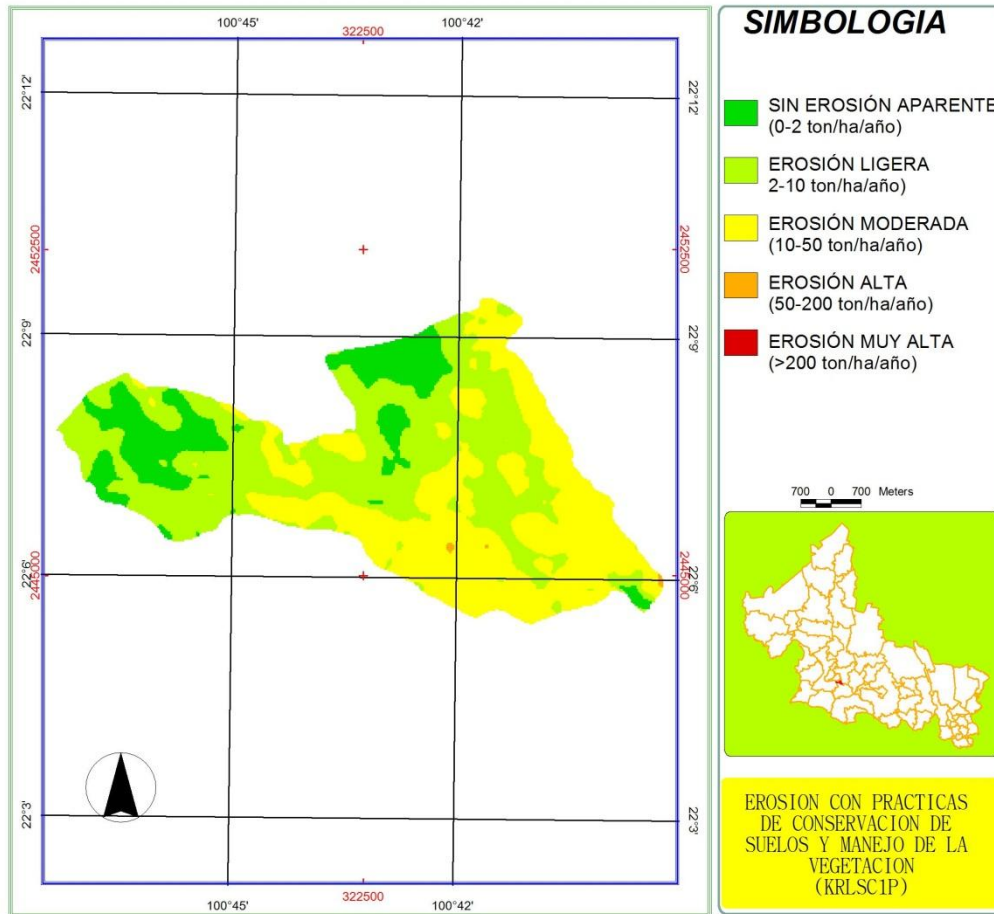


Figura 12. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y de conservación de suelos en la microcuenca Garrochitas Panalillo II (Fuente: Digitalización de las cartas F14-A84 y F14-A85 erosión con prácticas de manejo de la vegetación y de conservación de suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Recomendaciones para el Manejo de Pastizales

Los productores de la microcuenca Garrochitas Panalillo II, se dedican a la ganadería como una actividad complementaria, contando con una superficie aproximada de 3215.72 has de pastizales en mal estado y asociaciones especiales de vegetación, que en la mayoría de los casos carecen de cercos perimetrales, pero cuentan con tanques y ollas de agua para abrevaderos del ganado. Las actividades pecuarias, están enfocadas hacia la explotación de especies ganaderas como son los bovinos (genotipo criollos), ovinos (encastados de ramboulet) y caprinos (encastados de nubia), con sistemas de producción

de bajo nivel tecnológico y con el objetivo principal de producir carne y de manera secundaria el aprovechamiento de leche y sus derivados. Los productores cuentan con un total de 252 bovinos, 336 ovinos y 504 caprinos.

Según la Secretaría de Agricultura y Ganadería, a través de la Comisión Técnico Consultiva para la determinación regional de los coeficientes de agostadero del estado de San Luis Potosí. La zona donde se encuentra la microcuenca Garrochitas Panalillo II en el municipio de Zaragoza está representado por el Sitio Cm 61 el cual, es un pastizal amacollado abierto, este sitio se localiza en las regiones de la planicie occidental y serranías meridionales donde ocupa parte de los municipios de Ramos, Ahualulco, Moctezuma, San Luis Potosí, Villa de Arriaga, Villa de Reyes, Mexquitic de Carmona, Santa María del Río, Tierra Nueva, Zaragoza, Soledad Diez Gutierrez, Cerro de San Pedro y Villa Morelos; se encuentra adyacente a los siguientes tipos de vegetación: matorral crasicale, pastizal mediano abierto, matorral inerme parvifolio, bosque acuculiesclerófilo, bosque esclerófilo, bosque caducifolio espinoso de mezquite, matorral esclerófilo, matorral alto espinoso, matorral crasirosulifolio espinoso, matorral alto suberme y pastizal amacollado arbosufrutecente. La vegetación está compuesta principalmente de zacates amacollados entre los que destacan el banderilla *Bouteloua curtipendula*, zacate lobero *Lycurus phleoides*, navajita simple *Bouteloua uniflora*, pasto agujilla *Stipa spp.*, también es frecuente encontrar otras especies tales como navajita azul *Bouteloua gracilis*, navajita peinada *Bouteloua chondrosioides*, navajita morada *Bouteloua radicata*, navajita glandular *Bouteloua glandulosa*, y otras especies de menor importancia. Este sitio en la condición buena y en años de precipitación normal, produce 460 Kg de forraje utilizable por hectárea en base a la materia seca.

Considerando que en la mayor parte del territorio potosino los pastizales se encuentran sobrepastoreados y con condición pobre, entonces en el terreno de pastizal de la microcuenca el coeficiente de agostadero recomendado por COTECOCA es de 19.81 ha/UA. Por lo que se asume que los productores exceden este número recomendado para el buen funcionamiento del agostadero lo que genera el sobrepastoreo de la zona, para ello se recomienda lo siguiente:

Realizar un ajuste de la carga animal; el término “carga animal” se refiere al número de animales que pastorean un sitio dado por un tiempo determinado. La carga animal

óptima se define como aquella en la que la producción de carne o leche por hectárea es la máxima sostenible (Beltrán *et al.*, 2005). Para lograr esto, es necesario lograr el equilibrio entre el número de animales pastoreando y la capacidad del agostadero para mantener ese número de animales, logrando un pastoreo “óptimo” y conservando en forma sostenible este sistema de producción. Sin embargo, existe un punto límite, el que comienza a disminuir debido a la gran cantidad de animales, mismos que ya no pueden satisfacer sus requerimientos alimenticios por la competencia generada por el exceso de ganado (sobrepastoreo); a partir de este punto, si se continúa aumentando el número de animales por hectárea, la ganancia disminuirá hasta hacerse nula o casi nula. El ajuste se realizara atreves del coeficiente de agostadero recomendado por COTECOCA (19.81 ha/UA) a través de este coeficiente es posible determinar la Capacidad de carga de un potrero, asegurando que alcanzarán a llenar sus requerimientos alimenticios en forma adecuada permitiendo obtener una producción elevada sin deterioro del agostadero. El cual también es importante para la planeación de cualquier sistema de pastoreo.

Capacidad de carga para la microcuenca: $3215.72 \text{ has} / 19.81 = 162 \text{ UA/año}$ que es equivalente a 162 vacas de 450 kg con su cría al pie. La Unidad Animal tiene equivalencias para las diferentes especies animales como se muestra en el Cuadro 22.

Cuadro 22. Equivalencias de unidad animal

Especie animal	Equivalente de UA
Vaca adulta con becerro	1.00
Toro maduro	1.25
Novillo de menos de un año	0.50
Oveja con cría	0.20
Cabra adulta	0.20
Equino adulto	1.25
Venado cola blanca	0.20

Fuente: Huss y Aguirre, 1979

Por lo tanto las 162 UA/año que puede soportar el terreno de pastizal de la microcuenca son equivalentes a 810 ovejas con su cría al pie o 810 cabras adultas.

En forma general para manejar, conservar y mejorar el pastizal se recomiendan las siguientes acciones:

- Respetar el coeficiente de agostadero y ajustarse a la carga animal óptima.
- Elegir la especie animal adecuada, de acuerdo al tipo de vegetación, clima y topografía.
- Elección de un sistema de pastoreo rotacional.
- Distribución de aguajes en el agostadero en la forma más uniforme posible.
- Eliminar el exceso de carga animal improductiva (equinos).
- Establecer cercos perimetrales y divisionales.
- Utilizar saladeros y bloques nutricionales como suplemento y como herramienta para lograr una mejor distribución del pastoreo.
- Dar a las plantas del pastizal la oportunidad de recuperación a fin de que produzcan semilla y se lleve a cabo la resiembra en forma natural.
- Controlar plantas indeseables y tóxicas.

Para ello se recomienda utilizar un sistema de pastoreo el cual es; la manipulación del ganado en la pasta, bajo un simple calendario o plan de manejo que nos indica cuando, como y donde debe de apacentar el ganado en el rancho, con el fin de conservar en buena condición la pasta a través de una buena distribución del ganado y una utilización adecuada de las plantas para incrementar la producción. El objetivo central de los sistemas de pastoreo es lograr el óptimo aprovechamiento del forraje disponible en el agostadero o pradera mediante el consumo por el ganado, de una manera uniforme, sin detrimento de las áreas de apacentamiento, evitando la selectividad del ganado y las áreas de castigo, como ocurre con la concentración del ganado cerca de los aguajes (Beltrán *et al.*, 2005).

El sistema de pastoreo rotacional es el más recomendado ya que implica la programación y uso de los recursos del pastizal a través del ganado por un período de tiempo predeterminado, alternado con períodos de recuperación, en los cuales el ganado no consume a las plantas y éstas tienen oportunidad de volver a desarrollarse se cumple

el principio básico de períodos más o menos prolongados de uso y recuperación o crecimiento de la especie forrajera. Un esquema general del pastoreo rotacional se presenta en la Figura 13.

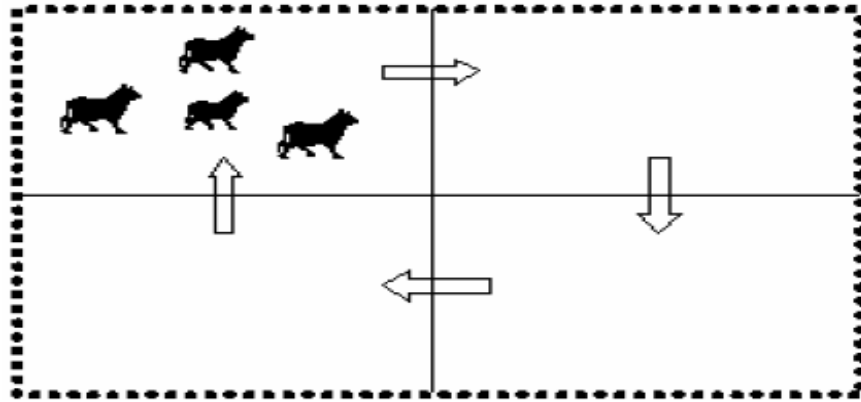


Figura 13. Esquema general del pastoreo rotacional (Beltrán *et al.*, 2005)

Para lograr un pastoreo rotacional son necesarios los siguientes pasos:

- Circular completamente el agostadero; esto es indispensable para iniciar cualquier programa de manejo.
- Determinar la superficie total del agostadero y su condición.
- Ubicar las fuentes de agua.
- Definir el número de potreros en que se dividirá el agostadero; esto estará en función a la superficie del terreno, su condición actual y la disposición y ubicación de las fuentes de agua.
- Determinar la capacidad de carga de cada potrero.

Rara vez los potreros poseen la misma carga animal, sin embargo, la cantidad de ganado en un rancho permanece más o menos estable. Esto obliga a compensar la distinta carga animal con diferentes tiempos de pastoreo. De esta forma, los potreros con menor carga animal deberán ser pastoreados por periodos más cortos como se muestra en el Cuadro 23.

Cuadro 23. Cálculo de los días de pastoreo en 5 potreros para la microcuenca Garrochitas Panalillo II.

Potrero	Superficie (ha)	Carga animal (UA/año)	Carga animal/162	X 365	Días pastoreando
1	643.144	10	0.061	22.2	22
2	643.144	20	0.123	44.8	45
3	643.144	35	0.216	78.8	79
4	643.144	42	0.259	94.5	95
5	643.144	55	0.339	123.7	124
Total	3215.72	162	1	365	365

La distribución de las fuentes de agua, cuando se trata de agostaderos de grandes dimensiones, un factor que limita el pastoreo uniforme de los sitios más alejados o de más difícil acceso, es la disponibilidad de agua para que abrevé el ganado. Para lograr una mejor distribución del pastoreo será necesario la construcción o reparación de bordos de almacenamiento estratégicamente ubicados. La distribución de bordos de almacenamiento para abrevadero es una herramienta muy útil en el manejo del ganado; para que una fuente de agua (abrevadero, bebedero, jagüey, etc.) provea del vital líquido al ganado en forma adecuada, no deberá exceder de cuatro kilómetros de distancia entre una y otra, ya que si esta distancia se excede, habrá pérdidas de peso del ganado por el gasto de energía utilizado en llegar a la fuente de agua además de que se necesitara realizar un ajuste de la carga animal por concepto de distancia al agua.

La suplementación del ganado, cuando la producción de forraje en el agostadero no se mantiene uniforme durante todo el año debido a las condiciones climáticas así como al comportamiento que muestran las diferentes especies que conforman la comunidad vegetal, existe la necesidad de contar con otras fuentes de alimentación que sirvan de apoyo durante las épocas críticas de escasez forrajera. Atraves de la compra de forraje, producción de forrajes de corte en riego y en temporal, el uso de esquilmos agrícolas, utilización de recursos naturales del agostadero (Beltrán et al., 2005).

Cuando las acciones de manejo no son suficientes para mantener el agostadero en buena condición, quedan dos vías a seguir, una es esperar a que el proceso de sucesión ecológica permita la recuperación del sitio, lo cual es muy lento y generalmente no rentable. La segunda es inducir, mediante técnicas de rehabilitación y/o mejoramiento,

una recuperación paulatina del agostadero a fin de incrementar su productividad y la conservación de los recursos naturales (Sosebee, 1994).

En aquellos sitios en los que la condición del agostadero es muy pobre (con menos del 15% de plantas deseables) es necesario recurrir a técnicas de rehabilitación de pastizales a través de la resiembra de gramíneas y el establecimiento de arbustivas forrajeras con apoyo de estructuras de retención de humedad. Las especies recomendadas para la rehabilitación de un agostadero en zonas áridas y semiáridas se muestran en el Cuadro 21.

Como recomendación final para el manejo de pastizales se debe de realizar un ajuste de la carga animal y convencer a los productores de que la cantidad de animales que tienen en la zona no es la adecuada y que si realizan un ajuste se podrá ver beneficiado el terreno y por tanto ellos a largo plazo; además de escoger la especie más adecuada para la zona o realizar una división de los animales como por ejemplo disminuir a 92 vacas con su cría al pie, 200 ovejas con su cría al pie y 150 cabras que nos darían las 162 UA/año que soporta el agostadero, aunque hay que realizar esta disminución de la carga animal paulatinamente para que se vean menos afectados. También hay que realizar las técnicas antes mencionadas como eliminar las especies improductivas como equinos, llevar a cabo el sistema de pastoreo rotacional, suplementación adecuada, distribución del agua, eliminar las plantas indeseables y tóxicas y en caso de ser necesario realizar una rehabilitación del pastizal a través de la resiembra de gramíneas preferiblemente nativas y arbustivas forrajeras.

DISCUSIÓN

Con la descripción de la microcuenca Garrochitas Panalillo II del municipio de Zaragoza, San Luis Potosí; se evidencia una situación inminentemente de erosión hídrica. El problema principal es la pérdida de suelo, el cual tarda en generarse miles de años, siendo esto irreversible, al menos en el corto plazo, situación generada por el caso omiso a la pérdida de cobertura vegetal o ausencia de ella y/o, por falta de conocimientos para trabajar adecuadamente sobre la microcuenca con diferentes prácticas de manejo.

Los hombres mayores de edad económicamente activos representan el 23.09% del total de los habitantes de la microcuenca, sin embargo considerando la necesidad de mano de obra en la recuperación y conservación del suelo en la microcuenca ésta puede ser una buena oportunidad para obtener recursos económicos y generar empleos con las prácticas mecánicas y diversas prácticas de manejo como reforestación y prácticas agronómicas las cuales pueden ser a corto y/o a largo plazo, dependiendo de la actividad y resultados que se quieran obtener.

De acuerdo a las condiciones climáticas y fisiográficas de la microcuenca se deben de sembrar cultivos que se adapten bien a una temperatura de 14.9°C y a una precipitación promedio anual de 392.5 mm para el cultivo de temporal y no sembrar cultivos de temporal que requieran mayor cantidad de agua a la precipitada de lo contrario los resultados de sus cultivos no serán exitosos pues lo que podrían obtener serán fracasos; ya sean cultivos raquíuticos, cantidad de semilla irregular y muy pobre o pérdida de cultivos. Lo mismo que para las prácticas de reforestación el cual debe sembrarse al inicio de las épocas de lluvia la cual comienza entre los meses de abril y mayo (con un promedio de 5 meses de lluvia aproximados).

En la fisiografía de la microcuenca las partes más elevadas se encuentran en el norte, disminuyendo hacia el sur de la microcuenca de 2400 – 1930 msnm, paralelamente las clases de uso de suelo van de norte a sur de la clase VIII a la clase II y tomando en cuenta la ecuación universal con sus diferentes modelos como; la erosión actual $E = RKLSC$, predicción de pérdida de suelo (sin cobertura vegetal ni prácticas de manejo)

E= RKLS, con cobertura vegetal adecuada E= RKLSC₁, con cobertura vegetal y prácticas de mecánicas E= RKLSCP entre las cuales digitalmente se aprecia una diferencia de forma cualitativa. En cuanto a lo anterior se recomienda las prácticas de conservación en primera instancia y las de manejo cuando el suelo este más afectado para evitar en lo máximo la erosión hídrica, además de tomar en cuenta la época de lluvia y lo anteriormente mencionado. De forma más clara no existe mucha diferencia entre las cartografías con prácticas de manejo de la vegetación E= RKLSC₁ y la cartografía de cobertura vegetal y prácticas mecánicas E= RKLSCP ya que la cobertura vegetal es uno de los factores más importantes para la conservación del suelo y las prácticas mecánicas actúan como coadyuvantes para frenar la erosión hídrica y aun así si estos últimos no son llevados a cabo correctamente pueden afectar más en vez de ayudar propiciando una erosión más fuerte u ocasionando una mayor susceptibilidad en el suelo para ser erosionado.

De manera más detallada se recomienda lo siguiente para las clases de suelo existentes en la microcuenca:

Clase IV, con una superficie de 32.03% del total de la microcuenca. Es apropiada para uso agrícola pero presenta limitaciones de clima, de erosión y de topografía, son tierras abiertas al cultivo donde además de labranza de conservación y manejo de residuos de cosecha, se requiere de métodos intensivos de conservación de suelos como: terrazas de formación sucesiva, surcado al contorno, cortinas rompevientos y fertilización química anual. Algunas de las tierras de la microcuenca clase IV no se cultivan y se dedican al pastoreo, ahí se ubican suelos con pastizal mediano abierto; son tierras muy susceptibles a erosión hídrica y eólica y el factor limitante principal es el agua; requieren prácticas agronómicas y vegetativas. Como un buen sistema de pastoreo con una rotación efectiva de potreros y respetando la capacidad de carga animal adecuada, en donde lo importante es mantener y mejorar la cobertura vegetal. Se recomiendan cultivos para apoyo a la ganadería, mediante la producción de forrajes de corte para su posterior ensilaje (maíz y sorgo) o henificado (avena y cebada).

Clase VI, con una superficie de 20.89% del total de la microcuenca. Deben ser destinadas exclusivamente al pastoreo y silvicultura, son tierras con serias limitaciones. No son aptas para cultivos anuales pero si para cultivos especiales, entre los cuales se

pueden inducir pastos como el navajita *Bouteloua gracilis*, *Buelenbergia repens* u otras especies de gramíneas, hoja sen *Fluorencia sernia*, huizache *Acacia schaffneri*, maguey *Agave spp.*, mezquite *Prosopis laevigata*, encino *Quercus spp.*, nopal *Opuntia spp.*, (rastrero para proteger el suelo contra el arrastre hídrico, y otras especies para alimento humano y/o forraje). También se recomienda el cabeceo de cárcavas y, las prácticas mecánicas que se puedan agregar además de las terrazas son tinas ciegas, presas para el control de azolves con estructura de piedra u otro material.

Clase VII, con una superficie de 25.67% del total de la microcuenca. Este tipo de suelo se debe destinar más a bosque que a pasto aun considerando las mismas especies anteriormente mencionadas en la clase VI pero dando una mayor peso al aspecto forestal, ya que por la pendiente que está más pronunciada no es apta para la silvicultura, aunque si existe un uso extensivo para el ganado, por lo que se recomienda descansar el suelo y trabajar en la restauración de la cobertura vegetal principalmente.

Clase VIII, con una superficie de 21.41% del total de la microcuenca. Desde el punto de vista agroecológico no presenta algún uso ya que por lo general son tierras muy escabrosas (pendiente de 100%), arenosas, demasiado áridas, como para dedicarlas a cultivos, pastizales o silvicultura, pero que pueden ser útiles para el sostenimiento de la fauna silvestre o esparcimiento y en algunos casos se opina que estos terrenos son útiles para la extracción de materiales de construcción o para la industria urbana. En la microcuenca en esta clase quedan incluidas las áreas atravesadas por numerosas cárcavas profundas y las áreas muy escarpadas y rocosas. Por estas características, se considera como tierras no adecuadas para uso agropecuario y forestal. Por ello se recomienda dejar exclusivamente para el desarrollo de la vida silvestre o esparcimiento.

La fórmula de la ecuación universal de la erosión hídrica; $E = RKLS$ ayuda a reconocer de forma precisa y a que dimensión está el problema, pudiendo describir que el 80% de erosión potencial rebasa en exceso los límites permisibles de erosión. Por lo que se tienen que tomar las medidas de uso y conservación de suelos necesarias incluyendo además de las prácticas ya mencionadas otras que sean favorables a la protección y conservación del suelo, así como hacer uso de especies vegetales benéficas nativas o especies adaptadas son las características deseadas y permitidas al tipo de suelo, clima, precipitación y demás factores para incrementar la cobertura vegetal.

Los pobladores en común deben tener conocimientos del problema y buscar una solución con la ayuda de expertos (dependencias y profesionistas) ya que para sanear el punto de objetivo “suelo” afectado por la erosión hídrica, se debe tener conciencia de lo que se tiene, lo que se quiere y lo que se desea o puede hacer.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones socioeconómicas que presenta la microcuenca “Garrochitas Panalillo II” son: la población total es de 1866 personas, habitando 395 viviendas; 48.92% es mayor de 15 años y es alfabeta; solo 23.09% es población económicamente activa. El nivel educativo cubre hasta la secundaria. La alimentación básica es: maíz, frijol, trigo, tortilla, huevo, nopal, conejo y rata de campo. En la microcuenca, solamente 500 personas están inscritas como derechohabientes al servicio de salud que brinda el IMSS y solamente 23 personas son derechohabientes a la Secretaría de Salud y Asistencia.
2. Con relación a las características climáticas y fisiográficas, la temperatura media anual es de 14.9°C y una precipitación media anual de 392.5 mm. Los tipos de suelo dominantes son los Litosol, Phaeozem luvico, Xerosoles. El uso actual de suelo comprende 30.92% de la superficie de la microcuenca de uso agrícola, 38.65% ocupada por vegetación de pastizal y 30.44% tiene vegetación del tipo matorral, propio de las zonas áridas y semiáridas. El principal uso potencial corresponde a las clases IV en una superficie de 1497,14 has ósea el 32.03%, VII ocupando 1200.05 has ósea el 25.67% y VIII ocupa una superficie de 1000.71 has lo que corresponde al 21.41% y finalmente la clase VI/s con 976.6 has abarca 20.89%, lo cual confirma la vocación ganadera de la microcuenca.
3. La erosión hídrica estimada en la microcuenca “Garrochitas Panalillo II” con el modelo de predicción de pérdida de suelo, teniendo como referencia los rangos de erosión: “ligera” de 0 – 10 t/ha, “moderada” de 10 – 50 t/ha, “alta” de 50 – 200 t/ha, y “muy alta” > 200 t/ha; y los mapas cartográficos de la microcuenca. El riesgo de tener una erosión ligera se identificó en 916 ha, erosión moderada en 1840 ha, erosión alta en 1772 ha y erosión muy alta en 62 ha. La erosión actual cuenta con fracciones de pérdidas de suelo de 50 – 200 t/ha. La predicción de erosión hídrica con prácticas de manejo de la vegetación se disminuye la superficie con erosión moderada (10 – 50 t/ha) y aumenta la superficie de erosión ligera (0 – 10 t/ha). La

predicción de erosión hídrica con prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas determinan un rango de erosión moderada de (10 – 50 t/ha).

4. Las prácticas agronómicas, vegetativas, mecánicas y de conservación más recomendadas para las áreas agrícolas de la microcuenca Garrochitas Panalillo II son:
 - a) Prácticas agronómicas y vegetativas: rotación de cultivos, cultivo en fajas, cultivos asociados a policultivos, cultivo de cobertera, abonos verdes, agricultura de conservación, reforestación y revegetación. Para cultivos de bajo requerimiento hídrico.
 - b) Prácticas mecánicas y de conservación de suelos: levantamiento de bordos, afine y revestimiento de canales, surcado al contorno, terrazas de base angosta, tinas ciegas, dren interceptor, presas filtrantes y cabeceo de cárcavas.

5. Las recomendaciones para el manejo de pastizales son:
 - a) Realizar un ajuste de la carga animal y convencer a los productores de que la cantidad de animales que tienen en la zona no es la adecuada y que si realizan el ajuste se podrá ver beneficiado el terreno y por tanto ellos a largo plazo; además de escoger la especie más adecuada para la zona en este caso el ganado bovino o realizar una división de las especies animales que nos darían las 162 UA/año que soporta el agostadero, aunque hay que realizar esta disminución de la carga animal paulatinamente para que se vean menos afectados.
 - b) Eliminar las especies improductivas como equinos, llevar a cabo el sistema de pastoreo rotacional, suplementación adecuada, distribución del agua, control de plantas indeseables y tóxicas y en caso de ser necesario realizar una rehabilitación del pastizal a través de la resiembra de gramíneas preferiblemente nativas como: *Bouteloua curtipendula*, *Bouteloua gracilis*, *Leptochloa dubia* y arbustivas forrajeras como: *Atriplex canescens*, *Eysenhardtia polystachya*, *Dalea tuberculata*.

LITERATURA CITADA

- Becerra, M. A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Ed. Universidad Autónoma Chapingo. 1a ed., pp. 79-80, 137-147, 225.
- Belnap, J. 2001a. Biological soil crusts and wind erosion. pp. 339-347. In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Belnap, J. 2001b. Comparative structure of physical and biological crusts. pp. 177-191. In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and anagement. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Beltrán L., S., C. Loredo O. y J. Urrutia M. 2005. Manejo y rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas. In: Loredo O. C. (Ed). 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p.
- Campos A. D. 1998. Procesos del ciclo hidrológico. Universidad Autónoma de San Luis Potosí., Facultad de Ingeniería. Ed. Universitaria potosina. 2:1-27.
- Colegio de Postgraduados de Chapingo. 1977. Manual de Conservación del Suelo y Agua. Instructivo. SARH-SPP. Chapingo, México. 248 p.
- Cortés, T., H. G. 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Montecillos, México. 168 p.
- COTECOCA 1974. Coeficientes de agostadero para el estado de San Luis Potosí. México.
- De Alba, J. 1971. Alimentación del ganado en América Latina. La prensa Médica Mexicana. México, D. F. 336 p.
- Dirección General de Conservación del Suelo y Agua (DGCSA). 1981. Metodología del Expediente Técnico Unitario. SARH. México, D.F. 122 p.
- FAO. 1974. Soil classification. http://www.worldlingo.com/ma/enwiki/es/FAO_soil_classification. (consultado en agosto de 2010).
- FAO, 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma. 86 p.
- Figueroa, S. B. 1975. Pérdidas de suelo y nutrimentos y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Texcoco. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México. 209 p.

- Figuroa, S. B., Amante O. A., Cortes T. H. G., Pimentel L. J., Osuna C. E. S., Rodríguez O. J. M. y Morales F. F. J. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. SARH. Colegio de Postgraduados. Centro regional para estudios de zonas áridas y semiáridas. 159 pp.
- Frederick, R. J., Hubbs, J. A., and Donahue, R. L. 1999. Soil and water conservation. Productivity and Environmental Protection. Prentice Hall. 3a ed. p. 68 – 163.
- Gray, D.H., and R.B. Sotir. 1996. Biotechnical and Soil Bioengineering Slope Stabilization a Practical Guide for Erosion Control John Wiley and Sons.
- Herrick, J. E., J. W. van Zee, K. M. Havstad, L. M. Burkett, and W. G. Whitford. 2005. Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Vol. II. Design, supplementary methods and interpretation. USDA-ARS Jornada Experimental Range. Las Cruces, NM, USA.
- Huss, D. L. y Aguirre, E. L. 1979. Fundamentos del Manejo de Pastizales. Instituto de Estudios Tecnológicos Superiores de Monterrey. (ITESM). Monterrey, Nuevo León. México.
- INEGI. 1978. Cartas F14A-84, F14A-85, Edafología 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A-84, Topografía 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A-84, F14A-85, Uso del suelo 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A-84, F14A-85, Uso potencial 1:50 000.
- INEGI. 2000. Censo de población y vivienda 2000.
- INEGI. 2002. Estudio hidrológico del estado de San Luis Potosí, México.
- INEGI. 2002. Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí. Ed. INEGI pp. 1-7. México.
- INEGI. 2005. Censo de población y vivienda 2005.
- INEGI. 1978. Carta hidrológica aguas superficiales 1:250 000.
- INEGI 2009. Geología. Guía para la interpretación de cartografía. Ed. INEGI pp 5, 11 – 14.
- Loredo, O. C. 1986. Efecto de la aplicación de estiércol caprino sobre la estabilidad de agregados del suelo. Reporte Final de Problema Especial. Física de Suelos. UAAAN. p 19.
- Loredo O., C, Abencerraje R. F. y Duéñez A. J. 1996. Efecto de la reforestación con *Pinus halepensis* en el control de la erosión hídrica. In: Ordaz Ch. V, Alcantar G., G. y Castro B., C. Editores. Memorias del XXVII Congreso nacional de la Ciencia del Suelo. Cd. Obregon, Son. Nov. 1996. p. 179.

- Loredo O. C. Editora 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p
- Loredo O. C., S. Beltrán L., J. L. Sarreón T. y M. Casiano D. 2005. Prácticas mecánicas para el control de la erosión hídrica. In: Loredo O. C. (Ed). 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p.
- Loredo O. C y S. Beltrán L. 2005. Prácticas agronómicas y vegetativas. . In: Loredo O. C. (Ed). 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S.L.P. México. 187 p.
- Loredo O. C., S. Beltrán L., F. Moreno S. y M. Casiano D. 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Folleto Técnico No. 29. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 64 p.
- Martínez M., M. y V. J. Fernández. 1983. Jerarquización de acciones de conservación de suelos a partir de cuencas hidrológicas. Manuscrito. SARH-DGCSA. México. 12 p.
- Martínez, G. M. A. 2003. Transferencia de labranza de conservación en sistemas de producción agrícola en San Luis Potosí. Informe anual de actividades. CIRNE-INIFAP.CE Palma de la Cruz. 8 p.
- Medina G. G., Díaz P. G., Loredo O. C., Serrano A. V., Cano G. M., 2005. Estadísticas climatológicas básicas del Estado de San Luis Potosí (Periodo 1961 – 2001) Libro Técnico No 2. INIFAP-CIRNE-Campo Exp. San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México. 308-309 p.
- Meyer L. D.; Wischmeier W. H. y Foster G. R. 1970. Mulch rates required for erosion control on steep slopes. *Soil. Sci. Soc. Am. Proc., Madison*, 34:928-31.
- Morgan R.P.C. 1985. Soil erosion and conservation. Long man. p. 298.
- Morgan, R.P.C. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ed. Mundi prensa Madrid-Barcelona-México. pp 57-68.
- Quiñones V, J.; E. Castellanos P., C. Valencia C., J. Martínez R., T. Sánchez O., C. Montes G., 2009. Efecto de la costra biológica sobre la infiltración de agua en un pastizal. *TERRA Latinoamericana*, Vol. 27, Núm. 4, Universidad Autónoma Chapingo México. pp. 287-293.
- Ramiro F. 2005. Plan rector de microcuenca Garrochitas Panalillo II, Zaragoza, en el estado de San Luis Potosí, FIRCO.
- Ramiro F. 2006. Plan rector de microcuenca Garrochitas Panalillo II, Zaragoza, en el estado de San Luis Potosí, FIRCO.

- Ríos, B., J. D. 1987. Efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo. Tesis Maestría. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 226p.
- Ruiz, F. J. L. 1995. Land evaluation for sustainable agriculture for México. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo, SARH. 59, 61:160-265.
- SAGARPA. 2005. Cálculo de Erosión (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo). www.sagarpa.gob.mx/sdr/apoyos/publicaciones/dctos_excell/01estim-erosion.xls (consultado en nov. de 2009).
- SEMARNAP. 1996. Apoyo al fomento de la conservación de suelos (Proyecto TCP/MEX/4554). Memorias de Reuniones Técnicas Regionales. Querétaro, México. pp 6-17.
- Soria, C. J. C. 2006. Uso y conservación de suelo y agua. Apuntes de curso de verano de conservación del suelo y agua. Ed. Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Sosebee E. Ronald. 1994. Consideraciones ecológicas para la rehabilitación de pastizales de zonas áridas y semiáridas. Conferencia Magistral en: Congreso Nacional sobre Manejo de Pastizales. SOMMAP. Monterrey, N.L. México. P. 9 - 14.
- Stallings J. H. 1982. El suelo, uso y mejoramiento. 4ta Impresión. Ed. CECSA. México. p 79.
- Torres R. E. 1981. Manual de conservación de suelos agrícolas. La erosión del suelo. 2ª impresión. Ed. Diana. pp 45-50.
- Trueba, C., A. 1981. Evaluación de la eficiencia de cuatro prácticas mecánicas para reducir las pérdidas de suelo y nutrientes por erosión hídrica en terrenos agrícolas de temporal. DGCSA-SARH. México. 162 p.
- Warren, S. D. 2001. Synopsis: Influence of biological soil crusts on arid land hydrology and soil stability. pp. 349–360. In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Warren, S. D. and D. J. Eldridge. 2001. Biological soil crusts and livestock in arid ecosystems: Are they compatible? pp. 401-415. In: J. Belnap and O. L. Lange (eds.). Biological soil crusts: structure, function, and management. Springer. Ecol. Stud. 150. Berlin, Germany.
- Wischmeier, W. H. and D. D. Smith. 1965. Predicting Rainfall Erosion Losses from Cropland East of the Rocky Mountains. USDA Agric. Handbook 282.
- Wischmeier, W. H. and Smith, D. D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning, USDA Agric. Handbook 537.
- Zárate L., A. 1998. Memorias del Curso-Taller Introducción al uso y Manejo de Sistemas de Información Geográfica. Editado por SEMARNAP Delegación. Coahuila. Enero de 1998.