



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



CARACTERIZACIÓN Y PLAN DE MANEJO PARA LA MICROCUENCA
“GARROCHITAS PANALILLO I” EN LA SIERRA DE ÁLVAREZ,
SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

Por:

Betsabé Vásquez López

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniera Agroecóloga

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Octubre de 2012



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE AGRONOMÍA



CARACTERIZACIÓN Y PLAN DE MANEJO PARA LA MICROCUENCA
“GARROCHITAS PANALILLO I” EN LA SIERRA DE ÁLVAREZ,
SAN LUIS POTOSÍ, S.L.P.

Por:

Betsabé Vásquez López

Tesis presentada como requisito parcial para obtener el título de
Ingeniera Agroecóloga

Asesores

Dra. Catarina Loredo Osti
Dr. José Luis Lara Mireles
Dr. Jorge Alberto Flores Cano

Asesor externo

Dr. Sergio Beltrán López

Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P

Octubre de 2012

El trabajo titulado **“Caracterización y Plan de manejo para la Microcuenca “Garrochitas Panalillo I” en la Sierra de Álvarez, San Luis Potosí, S.L.P.”** fue realizado por: Betsabé Vásquez López como requisito parcial para obtener el título de “Ingeniera Agroecóloga” y fue revisado y aprobado por el suscrito Comité de Tesis.

Dra. Catarina Loredo Osti

Asesora

Dr. José Luis Lara Mireles

Asesor

Dr. Jorge Alberto Flores Cano

Asesor

Ejido Palma de la Cruz, municipio de Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P. a los dos días del mes de octubre de 2012.

DEDICATORIA

A Dios

Gracias por todo, por darme la vida, esta vida, gracias por la bella familia que me ha dado, los hermosos amigos que me ha puesto en mi camino y por rodearme de personas que se preocupan por mí. Por su cuidado conmigo y con mi familia, y sobre todo por enseñarme el camino que debo seguir y ayudarme a entender tu voluntad en mi vida.

A mis padres

A ti Mamá gracias por todo tu amor, me has enseñado el valor del trabajo duro y del esfuerzo, gracias por tu cuidado y por siempre querer darme lo mejor, A ti Papá, por darme el valor para seguir adelante, por tu buen humor y tu apoyo, muchas gracias. No tendría las virtudes que tengo de no ser por su guía, los amo con todo mi corazón, gracias por su confianza y por sus besos y abrazos cuando creo que todo saldrá mal, no podría tener padres mejores, porque ya los tengo.

A mis hermanas:

A ti Jéssica por los buenos y malos momentos juntas, porque siempre estás ahí, y sé que seguirás ahí haciéndome pasar divertidos momentos, y cuidándome como siempre lo has hecho, te quiero mucho.

A Libia, mi prima a la que quiero mucho, el tiempo que pasamos ha sido genial, recuerda que donde sea que estemos seremos hermanas. Deseo que siempre te vaya bien.

A mi Abuela:

Mi querida abuelita Flora, no sabe lo mucho que la quiero y la valoro, Usted es la que mantiene todo en orden, sin usted nada funcionaria. La amo.

A mi familia

A mis tíos, tías, primos, primas, aunque estamos lejos, los amo y los llevo en mi corazón y en mis oraciones.

A mis chingus

No puedo describir lo feliz que soy de haberlos conocido, hemos sido unidos por algo más que un hobby, son valiosos tesoros que cuidaré y mantendré siempre a mi lado, gracias a mis Unnies por cuidarme y a mis Dongsengs por alegrarme, los quiero chingus gracias por sus Fighting cuando me sentía derrotada, sigamos creando bellos, magníficos e inolvidables momentos juntos.

A mis amigos

Amigos caídos del cielo que he conocido durante toda una vida, gracias por llenar mi cabeza de bellos momentos y experiencias que nunca olvidare.

A mis Super Junior

Mis súper hombres, puede que nadie lo entienda pero estoy llena de orgullo al llamarme ELF, esto también es para ustedes, se que en algún momento, en algún lugar mi amor llegara a ustedes, mientras tanto sigamos compartiendo buenos momentos de alegrías y risas. Me han hecho crecer, hacerme de grandes amigos y lo más importante, me han dado un sueño, un objetivo, algo por lo que deseo ser mejor. A kangin, puede que mis sueños no se cumplan pero todo estará bien mientras estés donde pueda verte, me has mostrado que a pesar de las pruebas y el dolor uno debe afrontar las consecuencias de sus actos y volver con la frente en alto, seamos por siempre felices. 그들에 목소리가 내인생을 즐겁게만들어. 슈퍼주니어+ELF=큰 가족.

A mis compañeros

Que sería de mi vida universitaria sin ustedes, se que los recordare y querré por siempre, gracias por su amistad, Norma, Chuy, Elena, Edna, Nichole, Christopher, porque soy feliz de poder llamarlos mis amigos, y gracias t todos mis compañeros de la generación 2007-2011 de la carrera Ing. Agroecologo, les deseo mucho trabajo y es un honor poder llamarlos colegas.

AGRADECIMIENTOS

A la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, por la oportunidad de realizar mis estudios de licenciatura.

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/103.5/10/7750 (UASLP-PTC-258).

Al Fondo sectorial CONACYT-CONAFOR por el financiamiento al 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, por proporcionarme información requerida para este estudio.

A mis asesores

Dr. Catarina Loredó Osti, maestra muchas gracias por su enseñanza y paciencia conmigo.

Dr. Jorge Alberto Flores Cano, un gran maestro al que respeto, gracias por ser mi asesor.

Dr. José Luis Lara Míreles, gracias por sus correcciones y por sus buenos ánimos.

A mis Profesores

A aquellos profesores de los que aprendí tanto, a aquellos que por ser estrictos me hicieron entender mejor las cosas, a todos ellos a los que les importa de verdad el bienestar y el crecimiento de los alumnos, gracias por su enseñanza y formación a lo largo de estos cuatro años y medio. Muchas gracias.

CONTENIDO

	Página
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE CUADROS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xi
RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xiii
INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	2
REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
Cuenca	3
Clasificación de las cuencas	4
Microcuenca	4
Concepto de Erosión	5
Factores que Afectan la Erosión.....	7
Precipitación	7
Suelo	8
Vegetación	8
Evaluación del Riesgo a la Erosión Hídrica	9
Erosividad de la lluvia (R).....	9
Erosionabilidad del suelo K.....	10
Longitud y grado de pendiente (LS).....	10
Factor por cubierta vegetal (C)	12
Factor por prácticas de manejo (P)	12
Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión.....	13
Pastizal o Agostadero	14
Rehabilitación de Pastizales	15
MATERIALES Y MÉTODOS	17

Localización del Área de Estudio.....	17
Desarrollo del Proyecto	18
Generación de la base de datos	18
Procedimiento para la digitalización y carga de base de datos.....	18
Evaluación de riesgo a la erosión	20
Simulación para la obtención de las prácticas de manejo.....	20
Obtención de indicadores económicos y sociales.....	21
Diseño del programa para el manejo de la microcuenca.	21
RESULTADOS.....	22
Caracterización Sociodemográfica.....	22
Infraestructura de Servicios.....	23
Educación.....	23
Alimentación.....	24
Salud	25
Organización.....	25
Servicios públicos.....	25
Comercio y servicios	26
Problemática.....	26
Infraestructura Industrial	27
Sistemas de Producción.....	27
Agricultura.....	27
Ganadería.....	27
Forestal.....	28
Minería.....	28
Clima	29
Hidrología.....	30
Geología	32
Fisiografía.....	34
Suelos	34
Características de las unidades de suelo	35
Distribución de la superficie edafológica	37

Flora.....	39
Fauna.....	40
Uso Actual del Suelo.....	40
Asociaciones especiales de vegetación.....	43
Uso agrícola.....	45
Uso pecuario y otras asociaciones especiales de vegetación.....	46
Uso Potencial del Suelo.....	48
Descripción de la clase de uso de suelo.....	48
Superficie de capacidad de uso de suelo.....	53
Erosión Potencial.....	54
Erosión Actual.....	56
Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas.....	58
Erosión con prácticas vegetativas.....	58
Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos.....	65
Recomendaciones para el Manejo de Pastizales.....	74
DISCUSIÓN.....	81
CONCLUSIONES.....	85
LITERATURA CITADA.....	87
ANEXOS.....	91

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro		Página
1	Coordenadas geográficas de la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	17
2	Distribución y principales características de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	23
3	Escolaridad de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo I..	24
4	Servicios de las viviendas habitadas en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	26
5	Distribución de la precipitación y temperatura de la estación Xoconoxtle, Zaragoza.....	29
6	Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.....	31
7	Unidades de suelo presentes en la microcuenca Garrochitas panalillo I..	35
8	Vegetación existente en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	39
9	Especies de Fauna silvestre de la microcuenca Garrochitas Panalillo I	40
10	Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	43
11	Tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	46
12	Tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	47
13	Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	48
14	Clases de erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo I..	54
15	Principales especies recomendadas para la rehabilitación de agostaderos en zonas áridas y semiáridas.....	64
16	Principales especies ganaderas en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	75
17	Equivalencias de unidad animal.....	76
18	Cálculo de los días pastoreando en 5 potreros para la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Xoconoxtle, Zaragoza.....	30
2	Red de drenaje de la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	32
3	Tipos de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	38
4	Uso actual de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	41
5	Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	42
6	Uso potencial de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	52
7	Erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	55
8	Erosión actual en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	57
9	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	59
10	Croquis de una tina ciega.....	71
11	Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y de conservación de suelos en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.....	73

ANEXOS

Anexo	Página
A1 Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad.....	91
A2 Ecuaciones de erosividad (R) para las diferentes regiones de México.....	92
A3 Valores del factor K estimado en función a la unidad de suelo y la textura superficial.....	93
A3 Valores que toma m en función al grado de pendiente.....	94
A4 Valores de C que se pueden utilizar para estimar perdidas del suelo.....	95
A5 Valores de P que se pueden utilizar para estimar perdidas de suelo en la EUPS.....	96

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue obtener un plan de manejo para la microcuenca Garrochitas Panalillo I, con énfasis en el manejo y conservación de los recursos agua, suelo y vegetación. Se realizó una caracterización socioeconómica y climatológica. Se delimitó la microcuenca y se digitalizaron mapas temáticos sobre edafología, uso actual del suelo, uso potencial, utilizando como herramienta un Sistema de Información Geográfica y aplicando el modelo de predicción “Ecuación Universal de Pérdida del Suelo (E=RKLSLSCP)”. Se generaron los siguientes mapas: riesgo potencial a la erosión hídrica, erosión actual, erosión con prácticas de manejo de la vegetación, y, erosión con prácticas de conservación del suelo. Se identificaron las prácticas de manejo y conservación que se adaptan a la problemática de la microcuenca. La microcuenca tiene una superficie de 14,050.86 ha, con una población de 12, 857 habitantes, temperatura media anual de 14.9 C°; precipitación media anual de 392.5 mm. Los tipos de suelo son: Litosol (33.9%), Litosol mas Phaeozem luvico (16.1%), Xerosol háplico mas litosol eutrico (12.6), Xerosol háplico (12.1%), Phaeozem háplico (11%), Castañozem (5.1%), Litosol mas Xerosol háplico (4.6%), Phaeozem háplico mas litosol eutrico (1.9%), Litosol mas Rendzina mas Phaeozem luvico (1.3%) y Chernozem cálcico (1.3%). Con relación al uso del suelo 16.1% corresponde a uso agrícola, 14.6% a uso pecuario y el 69.2% corresponde a asociaciones especiales de la vegetación. Con relación al uso potencial del suelo, las clases predominantes son: clase VIII (33.6% de la superficie de la microcuenca), Clase V (18.2%), Clase IV/c (15.1%), Clase VII (14.3%), Clase VI/s (9.1%), Clase IV/sc (4.8%), Clase VII (1.5%), Clase VI/c (1.5%) y Clase IV/sce (0.1%). En las tierras agrícolas se recomiendan prácticas agronómicas y vegetativas como rotación de cultivos y abonos verdes, sistemas agroforestales, labranza de conservación. En caso de terrenos de agostadero es indispensable la eliminación de animales improproductivos, control de la carga animal y rotación de potreros; en terrenos con pendiente es necesario realizar obras de conservación tales como surcado al contorno, terrazas, tinajas ciegas y presas filtrantes. Aplicando estas recomendaciones la erosión actual del sitio puede reducirse en un nivel ligero y moderado.

SUMMARY

The aim of this study was to obtain a management plan for the Garrochitas Panalillo I watershed, with emphasis on the management and conservation of vegetation, soil and water resources. A characterization of the site with socioeconomic and climate information was performed. The watershed was delineated and digitized thematic maps of soil, vegetation and land use, potential use; using as a tool to GIS and applying the prediction model "Equation Universal Soil Loss ($E = RKLSCP$)". The following maps were generated: potential risk to water erosion, erosion current practices erosion with vegetation management, and erosion with soil conservation practices and vegetation management. With this information were identified conservation and management practices that adapt to the problems of the watershed. The watershed covers an area of 14,050.86 ha, with a population of 12, 857 habitants. The average annual temperature are 14.9 ° C, and the average annual rainfall are 392.5 mm. The soil types are: Litosol (33.9%), Litosol in association with other groups (35.26%); Xerosol haplic (12.09%), Phaeozem haplic (10.97%), Castanozem (5.12%), Xerosol haplic and Litosol (4.64%), Phaeozem háplico and Litosol eutric (1.93%), Phaeozem luvic + Rendzina + Litosol (1.35%) and Chernozem calcium (1.32%). With regard to land use 16.15% are agricultural, 14.6% use livestock and 69.18% are special associations of vegetation. According at the potential land use, the prevalent classes are: Class VIII (33.6% of the area of the watershed), Class V (18.2%), Class IV / c (15.1%), Class VII (14.3%), Class VI / s (9.1%), Class IV / SC (4.8%), Class VII (1.5%), Class VI / c (1.5%) and Class IV / SCE (0.1%). Recommended agronomic and vegetative management practices such as crop rotation and cover crops, agroforestry, conservation tillage. In case of land with more than 2% slope is necessary conservation practices such as contour furrowing, terracing, tubs blind interceptor drain and filter dams. Regarding the management of rangelands is recomndable eliminating unproductive animals, control of stocking and rotational grazing. Applying these recommendations current site erosion can be reduced.

INTRODUCCIÓN

La erosión es considerada como uno de los problemas ecológicos más severos de los recursos naturales renovables de México. De los casi 200 millones de hectáreas del territorio nacional 154 millones están sujetos a diversos grados de erosión. El grado leve a moderada, entre 74 y 94 millones de hectáreas; severa y muy severa entre 60 y 80 millones de hectáreas, lo que representa 78.30% de la superficie del país. Las entidades más afectadas son: Oaxaca, Tamaulipas, Yucatán, Veracruz, Chiapas, Nuevo León, Estado de México, Coahuila, San Luis Potosí y Michoacán. Actualmente, como consecuencia de lo anterior, sólo 14% de la superficie cultivable se encuentra sin problemas de erosión (SEDESOL, 1994).

De la superficie degradada, el tipo de erosión más importante es la hídrica, que afecta el 37% (73 millones de ha) de la misma. Sus efectos son más evidentes en la formación de cárcavas, las cuales comprenden una extensión del 12% (24 millones de ha), lo que conduce a tener zonas improductivas o de baja productividad para cualquier actividad económica. Asimismo este tipo de erosión afecta las capas superficiales de las tierras en un superficie de aproximadamente 25% en las que todavía es posible desarrollar actividades agropecuarias y forestales y aún puede revertirse este fenómeno mediante el uso y manejo sustentable del recurso (CONAFOR, 2006).

En el estado de San Luis Potosí se estima el riesgo a la erosión en 235, 517 ha, de las cuales 46% presentan el riesgo de erosión potencial leve (0 a 10 t ha⁻¹ año⁻¹ de pérdida de suelo); 25% presenta erosión moderada (10 a 50 t ha⁻¹ año⁻¹); 20% tiene un riesgo de erosión potencial alto (50 a 200 t ha⁻¹ año⁻¹); y una erosión potencial mayor a 200 t na-1 año-1 se puede representar en 8% de la superficie de las microcuencas (Loredo *et al.*, 2007).

Las consecuencias de la erosión del suelo se manifiestan tanto en el lugar donde se producen como fuera de él (erosión difusa). Los efectos *in situ* son particularmente importantes en las tierras de uso agrícola donde la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de materia orgánica y sus nutrientes, lleva a la pérdida de espesor del perfil y al descenso de la fertilidad.

La microcuenca Garrochitas-Panalillo I, se localiza en la vertiente oeste de la Sierra de Álvarez, en la zona de recarga para los acuíferos que abastecen a la ciudad de San Luis Potosí (Loredo *et al.*, 2006). Esta microcuenca presenta diversos problemas de degradación de los recursos entre los cuales sobresalen la sobreutilización de la cubierta vegetal por sobrepastoreo y la erosión del suelo (FIRCO, 2007). Considerando lo anterior los objetivos planteados en esta tesis son los siguientes:

Objetivos

1. Caracterizar la microcuenca Garrochitas-Panalillo I.
2. Evaluar el riesgo a la erosión hídrica en la microcuenca.
3. Realizar propuestas de manejo de los recursos suelo, agua y vegetación de la microcuenca.

REVISIÓN DE LITERATURA

Cuenca

La cuenca es una zona de superficie cuyos escurrimientos drenan hacia un mismo punto de salida (SARH, 1982).

Las partes constitutivas de una cuenca son:

- a) El parteaguas
- b) Sus vertientes
- c) Su valle o cuenca baja
- d) Su red de avenamiento o drenaje

Una cuenca está delimitada por los puntos de mayor elevación altitudinal sobre el terreno, y a la unión de los mismos se les llama parteaguas (Becerra, 1999).

Las vertientes son las áreas de captación y se constituyen como las zonas más estratégicas de la cuenca, dado que en ella la susceptibilidad del fenómeno de la erosión es altamente significativa, y el mantenimiento de una cubierta protectora de calidad es definitivamente indispensable. El valle o la cuenca, es la zona de menor altitud y donde generalmente se encuentran los cultivos agrícolas y los asentamientos humanos, aquí la conjunción de las corrientes tributarias han formado un río o arroyo de regular caudal y divaga en las planicies de leve pendiente. La red de drenaje es la disposición de los causes y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial (Sánchez, 1987).

El área o tamaño de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas (Becerra, 1999). Esto influye en la proporción directa sobre la magnitud del escurrimiento que se puede generar en esa cuenca, a igualdad de los demás factores; es decir, a mayor tamaño de la cuenca, mayor volumen de escurrimiento (Sánchez, 1897).

En hidrología la forma de la cuenca se refiere básicamente a la relación entre largo y ancho de la cuenca, y es una característica importante por la influencia que tiene sobre la esorrentía. En efecto se ha demostrado que para similar tamaño, una cuenca redondeada tenderá a concentrar con mayor rapidez sus escurrimientos que otra alargada (Becerra, 1999).

Clasificación de las cuencas

Becerra en 1999, clasificó a las cuencas por el destino final de sus escurrimientos.

a) Cuencas arréicas: Son aquellas que no vierten sus aguas ni en un embalse interior ni en el mar, sino que los escurrimientos se pierden en los causes por evaporación o infiltración sin que en este último caso se conviertan en corrientes subterráneas.

b) Cuencas criptorréicas: Son aquellas cuyos escurrimientos no corresponden a un drenaje superficial aparente sino que carecen de una red fluvial permanente y organizada y corren como ríos subterráneos.

c) Cuencas endorreicas: Aquellas cuya área de captación, conjunta su sistema de corrientes a un embalse o lago interior sin llegar al mar.

d) Cuencas exorreicas: Aquellas cuencas en las que la humedad drenada por sistema corriente llega al mar sea por vía superficial o subterránea.

También las clasificó por la procedencia de sus escurrimientos.

a) Cuenca hidrográfica: Es el área que queda encerrada por los límites naturales del parteaguas topográfico, sobre una carta altimétrica, es decir que es el área que demarca la escorrentía superficial por efectos de gravedad.

b) Cuenca hidrológica: Dentro de una cuenca existen además de escurrimiento superficiales un flujo subterráneo o freático, que es determinado generalmente por las características del suelo y geología. Sin embargo, la topografía del terreno, sólo fija el límite del área que dirige los escurrimientos superficiales pero puede suceder que ocurra un escape de agua freática de una cuenca contigua a otra, sin respetar los límites topográficos y entonces sí los sistemas de drenaje son más o menos paralelos, el escape de agua en una cuenca ocurre genéricamente de la más alta hacia la cuenca de menor elevación.

Microcuenca

La microcuenca es una parte de la cuenca y es considerada la unidad de planeación y programación de acciones, donde se pueden desarrollar y coordinar los servicios integrados de las instituciones (Loredo *et al.*, 2007).

Concepto de Erosión

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento y agua (Kirkby, 1980); si este proceso se lleva a cabo en condiciones naturales, se denomina erosión geológica, pudiendo ser considerada en tal caso, como una forma más de conformación del relieve. Si la erosión se incrementa por las actividades humanas, se manifiesta la erosión acelerada o inducida, que se presenta al manipular la capa arable y cobertura vegetal, al promover la sobreutilización de los pastizales o al deforestar áreas arboladas o de arbustos (Loredo, 1994).

A pesar de que el proceso erosivo puede continuar tan lentamente que apenas sea perceptible, su acción va minando la vitalidad de las heredades en todas partes. Las cárcavas o zanjales son el síntoma más espectacular de esta destrucción. Empiezan su forma de pequeños surcos, pero pueden adquirir proporciones fantásticas. Aun las cárcavas de pocos decímetros de profundidad interfieren con el cultivo de la tierra, haciéndola menos adaptable a su utilización como pradera. La erosión laminar, es particularmente perjudicial porque ataca primero al suelo superficial. Un desgaste semanal de un metro cúbico de suelo en una hectárea de terreno apenas se notaría, pero si ese desgaste continuara por 30 años o por toda una generación la pérdida llegaría a más de 30 cm. de suelo en toda la superficie (USDA, 1987)

De la misma manera que el clima es un factor importante en la determinación de la vegetación natural y el tipo de suelo de cualquier región, así también los elementos climáticos fijan en gran parte la proporción y el carácter de la erosión natural. El suelo y las rocas desintegradas por la acción del tiempo son erosionadas y acarreadas por la acción de las aguas superficiales, provenientes de las lluvias, por el viento y por el deslizamiento gravitacional que se produce en las faldas de las elevaciones, debido al proceso general del movimiento de las masas. De esta manera se destruyen gradualmente las grandes formaciones terrestres debidas a los procesos destructivos. Las corrientes de agua quiebran de modo tal las mesetas y las montañas, que su aspecto cambia por completo. Los materiales arrastrados en ese proceso pueden ser depositados temporalmente en su camino hacia el mar. La erosión ha cavado grandes desfiladeros y anchos valles. Montañas completas han desaparecido por el desgaste permanente del agua. Los materiales removidos de los suelos y arrastrados por las crecientes de los ríos

han cegado lagos, han formado anchos bancos a lo largo de sus cauces y formado grandes deltas en sus desembocaduras (CIPEJ, 1990).

De acuerdo al agente erosionante se diferencian 2 tipos de erosión: hídrica y eólica.

La erosión de los suelo por acción del agua (erosión hídrica) es más activa donde la disolución es menor. Donde la precipitación pluvial no se puede infiltrar en el suelo, sino que fluye sobre la superficie, el agua viaja a una velocidad relativamente rápida, y es capaz de arrancar materiales del suelo por medio de la fuerza hidráulica de su flujo. Donde el flujo superficial es dominante, la erosión del suelo por el agua probablemente sea el proceso principal de desgaste y la disolución es ligera. Como el agua puede fluir en grandes cantidades sobre la superficie y ejercer fuerzas hidráulicas también grandes, se deduce que la erosión del suelo a menudo actúa catastróficamente, incluso con pendientes moderadas. Estas condiciones por lo general se encuentran en la áreas semiáridas, pero los campos desmontados para el cultivo son susceptibles de ser erosionados en casi cualquier clima (Kirkby, 1980). La erosión severa que se asocia con la formación de cárcavas, puede iniciar movimientos de masas en las pendientes abruptas de las paredes de los canales, que son importantes en la remoción total de sedimentos (Figueroa, 1991).

Al evaluar pérdidas de suelo es común referirlas a las siguientes expresiones.

Producción de sedimentos: es el flujo total de sedimentos de una cuenca acuifera o de una cuenca de drenaje durante un tiempo determinado. No toda la pérdida del suelo se deposita en el sistema de corrientes porque se deposita en diversos sitios en la cuenca acuifera. Así, pues, el material que se transporta hacia algún punto de interés, es la producción de sedimentos (Kirkby, 1980).

Tasa de erosión: es la pérdida de suelo de un área dada en un tiempo determinado. Se expresa usualmente en unidades de volumen o peso ($\text{kg/m}^2/\text{año}$, ton/ha/año ó cm/ha/año o ton/ha/cm de lámina de escurrimiento) (Loredo, 1994).

La erosión solo puede combatirse adecuadamente si cada hectárea de tierra de un establecimiento o de una cuenca se trata de acuerdo a sus necesidades y sus propias adaptaciones. Esto significa que los cultivos deben limitarse, dentro de lo económicamente posible, a los terrenos más llanos o a las mejores partes de cada hacienda. Las regiones más escarpadas, las más severamente erosionadas, y los lugares

susceptibles a la erosión, se utilizaran bajo pradera, prado o monte permanentes. El agricultor que conserva sus suelos, poseerá finalmente, tierras cultivadas, praderas, prados, montes maderables, canales y abrevaderos, adaptados a la configuración y carácter del terreno, al clima y dentro de lo posible, a la situación actual del su granja (USDA, 1987).

Las medidas de conservación del suelo deben incluir cuatro acciones básicas: 1) proteger el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia; 2) incrementar la capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial; 3) Mejorar la estabilidad de los agregados del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento; y, 4) Aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento (Kirkby, 1980).

Estas acciones se pueden lograr a través del manejo del terreno con prácticas agronómicas y vegetativas, tales como la preparación adecuada del terreno, la aplicación de materia orgánica, la adición de abonos verdes, etc., así como prácticas mecánicas (Loredo, 2005).

Factores que Afectan la Erosión

Al referirnos a la erosión hídrica, los factores pueden conjuntarse en 2 grupos: uno considera el factor energía, representada por la precipitación, el escurrimiento y la pendiente; el otro grupo incluye el factor resistencia, representado por la erosionabilidad del suelo, la cobertura vegetal y manejo del terreno.

Precipitación

La precipitación es el factor climático que más influye en la erosión hídrica; las interacciones de tamaño, velocidad, forma de las gotas de lluvia, la duración de la tormenta y la velocidad del viento controlan la fuerza erosiva de la precipitación pluvial a medida que las gotas de lluvia aumentan en tamaño su velocidad también aumenta. Por consiguiente, el impulso o cantidad de movimiento de una gota de lluvia, que es igual a su masa por su velocidad, también aumenta rápidamente con un tamaño de las gotas de hasta aproximadamente 4 mm de diámetro (Kirkby, 1980).

A la habilidad de la lluvia y el escurrimiento para producir erosión se le denomina erosividad, la cual representa la energía necesaria para disgregar, dispersar y transportar las partículas del suelo (Loredo, 1994).

El impacto de las gotas de lluvia tiene alta capacidad de disgregación y baja capacidad de transporte de las partículas del suelo; el escurrimiento con baja capacidad para desprender dichas partículas, tiene alta capacidad para transportarlas.

Suelo

El suelo es un sistema heterogéneo, polifásico, poroso, consistente de partículas muy pequeñas e independientes; el arreglo de las partículas determinan las características del espacio poroso, en el cual se transmiten o retiene agua, aire y calor (Figueroa, 1991).

La erosionabilidad del suelo es la susceptibilidad que éste presenta a la erosión; a mayor erosionabilidad, menor resistencia a la acción de los agentes erosivos. Las propiedades del suelo que afectan la erosionabilidad puede agruparse en 2 categorías (Wischmeier y Smith, 1965): las que afectan la infiltrabilidad, la permeabilidad del perfil y la capacidad de almacenamiento, así como las que influyen en la resistencia a la dispersión y al transporte durante la lluvia y el escurrimiento.

Vegetación

Las escorrentías o erosión procedentes de buenos pastizales o de bosques son pequeñas, a menudo representan menos del 5 y del 1%, de las pérdidas en un suelo desnudo. Los escurrimientos son bajos debido a que las tasas de infiltración del agua a través de las superficies cubiertas de vegetación son altas en comparación con las del suelo desnudo, ya que los suelos cubiertos de vegetación con frecuencia tienen una mejor estructura y agregados más estables. Cuando las gotas chocan con la vegetación la energía de las gotas se disipa y no hay impacto directo sobre la superficie del suelo. Parte del agua es interceptada por la vegetación y se evapora hacia la atmósfera, el resto escurre o fluye por los tallos hacia el suelo. Si la escorrentía tiene lugar, las hojas y las raíces de las plantas inhiben el movimiento de las partículas del suelo. Las hojas forman una superficie burda, impiden y reduce la velocidad del agua corriente y las raíces consolidan el suelo (Kirkby, 1980).

Evaluación del Riesgo a la Erosión Hídrica

La SAGARPA ha propuesto el uso del modelo conocido como Ecuación Universal de Pérdida de Suelo, la cual fue diseñada para estimar la pérdida de suelo promedio de la erosión por salpicamiento y en canalillos bajo condiciones específicas y para un tiempo prolongado. La EUPS agrupa numerosas interrelaciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión en seis factores principales, cuyos valores pueden ser expresados numéricamente para sitios específicos, y que multiplicados entre sí dan por resultado una estimación de la cantidad de suelo perdido por unidad de superficie (hectárea) y tiempo (año) (Becerra, 1999). Este modelo tiene la siguiente expresión.

$$A = RKLSCP$$

A: Pérdida de suelo estimada como promedio anual.

R: Factor de erosividad.

K: Factor de erosionabilidad de suelo.

L y S: Longitud y pendiente.

C: Factor cultivo.

P: Prácticas de manejo.

La ecuación básica en este modelo está definida por los factores activo y pasivo de la erosión (el agua que erosiona al suelo), y se expresa por: $A=R K$. Los otros factores de la ecuación llamados “secundarios” (L, S, C, P), representan la relación de pérdida de suelo entre una condición dada de campo y la condición estándar respectiva para este factor (Becerra, 1999).

Erosividad de la lluvia

El factor de erosividad por precipitación fluvial (R) en la EUPS es el índice de erosión de la precipitación pluvial según lo presentara (Wischmeier, 1965).

El factor R es una definición de la erosividad como resultado de la precipitación pluvial, y se define como el producto de 2 características de la lluvia tempestuosa: la energía cinética (Ec) y la intensidad máxima durante 30 minutos (I_{30}) (Mitchell, 1980):

$$EI_{30} = (Ec)(I_{30})$$

Donde:

El_{30} = índice de erosividad para un evento (MJ.mm/ha.hr)

E_c = energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} = Intensidad máximo de la lluvia en 30 min (mm/hr)

Cortés (1991), estimó el El_{30} para diferentes regiones de la República Mexicana y reporta valores de erosividad que varían de 5 mil 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 (Anexos 1 y 2).

Erosionabilidad del suelo

El factor de erosionabilidad del suelo, K, en la EUPS es una descripción cuantitativa de la erodabilidad inherente de un suelo determinado. Este factor refleja el hecho de que diferentes suelos se erosionan a diferentes tasas cuando los demás factores que afectan la erosión son los mismos. Las propiedades de suelo que afectan la tasa de infiltración, como permeabilidad capacidad hídrica total, dispersión, abrasión y fuerzas de transporte también afectan la erodabilidad (Mitchell, 1980).

El índice K es definido como la pérdida media anual de suelo por unidad de R para unas condiciones tipo de suelo denudo, labrado recientemente según la dirección de la pendiente, sin prácticas de conservación y sobre una ladera de 5° de pendiente y 22m de longitud (Morgan, 1997).

Para su estimación se utilizan formas 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 (Anexo 3).

Longitud y grado de pendiente

Los efectos de la longitud y el gradiente de la pendiente se representan en la EUPS como L y S, respectivamente, sin embargo, a menudo se evalúan como factor topográfico único, LS. La longitud de la pendiente se define como la distancia desde un punto de origen del flujo sobre la superficie hasta el punto donde la pendiente disminuye lo bastante como para que ocurra la deposición o hasta el punto en que la escorrentía entra en un canal definido. El cual puede ser parte de una red de drenaje a un canal

construido. El gradiente de pendiente es el campo o segmento de pendiente, expresado generalmente como un porcentaje (Mitchell, 1980).

El factor LS expresa la relación entre la pérdida de suelo en una ladera de pendiente y una longitud dada y la que se produce en condiciones tipo de 5° de pendiente y 22 m de longitud (LS = 1.0) (Morgan, 1997).

La longitud de la pendiente se define como la distancia desde el punto de origen de la escorrentía hasta cualquier de los siguientes puntos (Becerra, 1999):

- a) Donde la pendiente disminuye a tal grado que ocurre sedimentación, o
- b) Donde el agua de escorrentía entra a un canal bien definido.

Wischmeier y Smith (1965) propusieron 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 Anexo 4).

El mismo equipo de investigación dirigido por Wischmeier determinó la relación del grado de la pendiente con la erosión, proponiendo la siguiente ecuación para calcular el valor del factor S (Becerra, 1999):

$$S = 0.065 + 0.045s + 0.0065s^2$$

En donde:

S= factor de gradiente de pendiente, para usar en la EUPS

s= pendiente del terreno, en porcentaje

Puesto que en la EUPS dichos factores son multiplicativos, se puede unir ambas ecuaciones obteniendo el valor conjunto del factor por topografía (LS):

$$LS = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Factor por cubierta vegetal

El factor por cubierta vegetal (C) de EUPS representa la cantidad de suelo perdido de un terreno bajo condiciones específicas de uso y vegetación, en comparación con la pérdida del suelo que pudiera presentar el mismo terreno estando desprovisto de vegetación y bajo labranza continua. Aunque C es tratado como una variable independiente de la EUPS, el verdadero valor de este factor es probablemente dependiente de todos los demás factores, por lo que a menudo su valor se necesita establecer experimentalmente (Becerra, 1999).

La evaluación del factor C es a menudo difícil debido a los múltiples sistemas de cultivo y manejo. Los cultivos se pueden producir de manera continuas o rotarse con otros cultivos. Las rotaciones son de duración y secuencias diversas. Los residuos se pueden eliminar, dejar en el campo o incorporar en el suelo. El suelo puede labrarse por completo o puede utilizarse alguno de los muchos sistemas de labranza de conservación. Cada parte de la secuencia de cultivos y manejos se tiene que evaluar en combinación con la distribución de la erosividad por precipitación pluvial para la región (Mitchell, 1980).

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 Anexo 5.

Factor por prácticas de manejo

El factor por prácticas de manejo (P) de la erosión es la proporción de la pérdida de suelo cuando se hace uso de alguna práctica específica en comparación con la pérdida del suelo cuando se cultiva en laderas de las colinas. Los métodos de control de la erosión que por lo general se incluyen en este factor son la delineación de los contornos, el cultivo en franjas de contorno y el terraceo, la labranza de conservación, la rotación de cultivos, y la retención de residuos son métodos importantes en el control de la erosión (Mitchell, 1980).

Los valores para el factor de prácticas de control de la erosión se obtienen de tablas que relacionan las pérdidas de suelo en parcelas donde se aplican las prácticas con las producidas sin ellas (Anexo 6). Sin prácticas de control de la erosión, el valor de $P = 1$. Los valores cubren el cultivo a nivel y el cultivo en fajas y varían con el grado de pendiente. Cuando se construyen terrazas de drenaje, se utiliza el factor P del cultivo a nivel y el factor LS se ajusta para la longitud de pendiente que representa la distancia horizontal entre terrazas (Morgan, 1997).

Becerra (1999) menciona algunas observaciones sobre los valores anotados para P :

a) Dentro de cualquiera de estas prácticas, el valor del factor P es más efectivo para pendientes de 3 a 8%, y a partir de este rango su efectividad disminuye gradualmente.

b) Para pendientes por debajo de 2%, el valor del factor se incrementa con respecto al del rango de 3-8% debido al residuo efecto del método en comparación con cultivar sin la práctica en cuestión. De hecho, para pendientes menores de 2% no tienen sentido usar prácticas mecánicas con fines de control de la erosión.

c) El factor anotado para la práctica de terraceo es para la predicción de la pérdida de suelo total fuera del campo. Si se desea estimar la pérdida del suelo para el intervalo entre terrazas, deberá utilizarse la distancia entre una y otra terraza para el factor L , y el valor correspondiente del cultivo al contorno para P .

Métodos Mecánicos para el Control de la Erosión

Cuando ya se tiene caracterizadas las condiciones de la microcuenca incluyendo la predicción de riesgo de la erosión, el cálculo de la lluvia probable en 24 horas para un periodo 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.

Ante la situación actual de las tierras agrícolas y de pastoreo de México, es importante considerar acciones de protección, conservación y restauración de suelos.

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. Además, en las zonas áridas y semiáridas, existen zonas agrícolas donde el conocimiento y la experiencia tradicional han proporcionado 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 “enlamadas”.

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 la 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.

Pastizal o Agostadero

Los pastizales son áreas, en donde, a causa de una escasa y errática precipitación, topografía accidentada, drenaje deficiente y temperaturas extremas no se puede explotar la tierra con usos agrícolas, y en cambio, constituyen una importante fuente de trabajo para animales domésticos y silvestres. Para Holechek *et al.* (1989) los pastizales son tierras no cultivadas que proveen las necesidades de vida para animales que pastorean y/o que ramonean. La Sociedad de Manejo de Pastizales de Estados Unidos (RMS, 1974), define como pastizal a todas las tierras en las cuales la vegetación nativa (clímax o potencial), está constituida predominantemente de pastos, plantas herbáceas o arbustivas que son adecuadas para el pastoreo o ramoneo; incluye terrenos revegetados natural o artificialmente para proveer una cubierta de forraje que puede ser manejada como vegetación nativa.

De acuerdo a la clasificación de COTECOCA (1974), quedan dentro del 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.

Los pastizales proporcionan servicios ambientales esenciales para la vida diaria, como la captura y el almacenamiento de agua en acuíferos, lagos y ríos: la producción de alimentos a partir de los sistemas agrícolas y pecuarios; la posibilidad de extraer del medio silvestre, otros productos útiles como fibras, alcoholes, ceras, condimentos, medicinas y madera; la captura de bióxido de carbono producido por la actividad humana al quemar combustibles fósiles; la estabilidad climática por la regulación del ciclo hídrico y la regulación de la humedad y temperatura del aire, el mantenimiento, de suelo fértiles, el control de deslizamientos y arrastres masivos de suelo por el efecto de las lluvias torrenciales (CONABIO, 2006).

El impacto del pastoreo sobre los pastizales depende en gran manera de las prácticas de manejo utilizadas, las prácticas inapropiadas que reducen la productividad de las plantas y de los animales en el largo plazo, han llevado a la pérdida de la cubierta vegetal, mortalidad de especies de plantas, alteración de la composición de especies e incremento en la erosión del suelo, además éstas prácticas inadecuadas y el incremento de la frontera agrícola con una producción intensiva, han propiciado la fragmentación y pérdida del hábitat, promoviendo condiciones favorables para la invasión de arbustivas y a través del incremento de la infraestructura como cercos y carreteras (ECOPAD, 2007).

Rehabilitación de Pastizales

La Sociedad de Manejo de Pastizales de Estados Unidos (RMS, 1974), define a esta ciencia como una disciplina distintiva fundada sobre principios ecológicos y relacionados con el uso de los pastizales y sus recursos para una variedad de propósitos (cuencas hidrológicas, hábitat de fauna silvestre, pastoreo de ganado, recreación y valores estéticos, y otros usos asociados).

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 incremental su productividad y promover la conservación de los recursos naturales (Sosebee, 1994).

De la revisión de Literatura se concluye que la erosión del suelo es un problema de carácter importante en las áreas agrícolas y agostaderos, debido al manejo inadecuado, irracional o inapropiado que se le da a estas zonas. Las zonas áridas y semiáridas son las principales afectadas debido a la falta de vegetación, prácticas ganaderas, sobrepastoreo, fragmentación del hábitat y cambio de uso de suelo. En conjunto se ha provocado un incremento en los escurrimientos y la erosión, una disminución de la diversidad biológica, incremento de especies no nativas y una disminución de forraje para animales domésticos y silvestres.

Para evitar el problema de erosión en estas zonas, se puede estimar el riesgo a la erosión potencial y la erosión actual, utilizando los modelos ya establecidos como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo; y en base a los resultados se pueden crear una plan de manejo y llevar a cabo acciones de manejo, utilizando prácticas del manejo de la vegetación, prácticas mecánicas y de conservación de suelos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del Área de Estudio

El estudio se llevó a cabo en la microcuenca Garrochitas-Panalillo I, la cual se encuentra en el municipio de Zaragoza.

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, 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 superficial total nacional (INEGI, 2002).

La Microcuenca “Garrochitas-Panalillo I” se ubica en el municipio de Villa de Zaragoza, parte del municipio de Cerro de San Pedro y San Luis Potosí, cubre una superficie de 9,396,724 ha y su ubicación geográfica está comprendida dentro de las coordenadas extremas 22° 07' 43" a 22° 13' 44" de Latitud Norte y 100° 40' 55" a 100° 52' 08" de Longitud Oeste (Cuadro 1). Su altitud sobre el nivel del mar se eleva desde los 1,850 m en su parte más baja y 2,360 m en la más alta, constituyendo su principal relieve orográfico el Cerro del Borrego con una altitud de 2,360 msnm.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de la microcuenca Garrochitas panalillo I, Zaragoza.

	Longitud	Latitud
Al Norte	100° 44' 90"	22° 06' 90"
Al Este	100° 38' 32"	22° 03' 82"
Al Oeste	100° 48' 27"	22° 00' 95"
Al sur	100° 40' 95"	22° 00' 54"

Fuente: INEGI (1978)

La microcuenca garrochitas panalillo I es integrada por las comunidades: Arroyo hondo, corral de palmas, El arenal, El cerrito, El Cocolistle, El llano de Santa Isabel, El Mebrillo, EL Zapote, Emiliano Zapata, Jondablito, La calera, La lagunita, La lomita, La parada de Zarcido, La puerta del Arbolito, La saucedá, Los castillos, Plan de San José, Rincón de Santa Eduwiges, San Rafael, Santo Domingo, Villa de Zaragoza, Xoconoxtle.

Los mapas utilizados en el presente trabajo fueron obtenidos del estudio del riesgo a la erosión publicado por el INIFAP en el 2007.

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 Garrochitas Panalillo I de manera manual, posteriormente se digitalizó el área usando una tabla digitalizadora GTCO5 con puntal 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 este mapa se realizó la descripción de los tipos de vegetación, tipo y uso potencial en la microcuenca, determinando su extensión por hectárea 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 TIC's los cuales son identificadores o punto de control de la cobertura, anteriormente numerados al igual que las coordenadas de la latitud ya la 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 tic's 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 TIC's los cuales se introducen desde el digitalizador presionando el número de 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 mayúscula 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 otra, pero se oprime la letra A mayúscula en vez del número de tics para salir. Ya dado todos los tic's a la cobertura se dan las siguientes órdenes: EF ARC, ADD que agrega los elementos a editar. Para empezar a digitalizar hay que oprimir (8) opciones de digitalizador, luego el (3) que es para evitar el autoincremento 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 2 líneas del digitalizador, procurando que la distancia entre uno y otro no se supere a 1mm principalmente por las líneas sinuosas.

Para salir del programa y grabar los digitalizadores 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 de ARCEdit, DISPLAY 4, EDIT (nombre de la cobertura de salida a la que se hizo la limpieza CLEAN), DRAW 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, después de grabar, 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 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 comando Arc View GIS versión 3.1 soporta mucho tipo de información y ésta aparece en ventanas diferentes. Se puede analizar la ventana del documento para desplegar y operar: “vistas” despliega un mapa conteniendo cada capa de información, “tablas” despliegan la información tabular, bases de datos, “gráficos” representan de manera visual la información tabular en siete tipo de gráficos, “layouts” permite juntar los diferentes tipos el proyecto y otros componentes de un mapa, “scrips” en 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 de un mapa de riesgo a la erosión se utilizó una adaptación que considera a la metodología propuesta por la FAO (1980), basada en la Ecuación Universal de la Perdida del 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 de 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 Censo de Población y vivienda 2010

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 Censo de Población y Vivienda 2010 efectuado por el INEGI, la población total de la microcuenca es de 12,857 habitantes, de los cuales 6,345 son hombres, y 6,462 son mujeres, su población se distribuye como se muestra en el cuadro 2.

La mayor concentración de población se ubica en Villa de Zaragoza con 77.11% del total de los habitantes de la microcuenca.

De la población total de la microcuenca, 11.71% son menores de 4 años de edad, 23.72% de 5 a 14 años, 57.84% de 15 a 59 años y el resto de la población (6.72%) son mayores de 60 años, Además el 91.14% de la población mayor de 15 años es alfabeta, en tanto que el 31.5% es económicamente activa.

La microcuenca cuenta con un total de 2639 viviendas habitadas, con un promedio de 4.8 ocupantes por vivienda. En la zona se observa que del total de hogares, 15.34% de ellos tiene jefatura femenina, ya sea por no contar con el padre por haber muerto, ser madre soltera o bien que el hombre de encuentre ausente debido a la búsqueda de trabajo, es decir que 405 hogares tienen a la mujer como jefe de familia, con una participación constante dentro de la fuerza laboral en el medio rural.

Cuadro 2. Distribución y principales características de la población de la microcuenca Garrochitas panalillo I.

Localidad	Población total	Población masculina	Población femenina	Población de 15 años y más analfabeta	Población económicamente activa	Total de viviendas habitadas
Arroyo Hondo	204	113	91	36	53	47
Corral de Palmas	36	18	18	2	12	7
El Arenal	*	*	*	*	*	*
El Cerrito	*	*	*	*	*	*
El Cocolistle	6	*	*	*	*	1
El Llano de Santa Isabel	88	43	45	3	30	22
El Membrillo	8	*	*	*	*	1
El Zapote	14	*	*	0	*	2
Emiliano Zapata (El Tepozón)	181	92	82	36	52	37
Jondablito	3	*	*	*	*	1
La Calera	371	185	186	75	91	74
La Lagunita	9	*	*	*	*	2
La Lomita (Benito Rocha Alvarado)	*	*	*	*	*	*
La Parada del Zarcido	570	286	284	57	159	132
La Puerta del Arbolito	*	*	*	*	*	*
La Saucedá (Zaragoza)	*	*	*	*	*	*
Los Castillos	27	14	13	0	11	7
Plan de San José	24	12	12	4	6	7
Rincón de Santa Eduwiges	110	56	54	12	25	27
San Rafael	3	*	*	*	*	1
Santo Domingo	500	256	244	40	164	112
Villa de Zaragoza	9915	4882	5033	789	3205	1971
Xoconoxtle	788	388	400	85	242	188

*no se cuenta con información

Fuente: INEGI (2010)

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 y para cursar el nivel

bachillerato se tienen que desplazar a la cabecera municipal de Villa de Zaragoza o San Luis Potosí, donde se encuentra el Colegio de bachilleres (COBACH). El cuadro 3 muestra el número de escolaridad en los integrantes de la microcuenca.

Cuadro 3. Escolaridad de la población de la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Grupo por Edad	Habitantes
Población de 6-14 años que no saben leer y escribir	74
Población de 6-14 años que saben leer y escribir	2022
Población de 15 años y más alfabetas	7162
Población de 15 años y más analfabetas	1139

Fuente: INEGI (2010)

El índice de analfabetismo entre la población de 15 años y más es de 13.71% y el promedio de escolaridad de la población de 6 a 14 años es de 3.53%; esto representa quizá uno de los factores que inciden más en el bajo desarrollo socioeconómico a la precaria economía familiar ya que no tienen suficientes instituciones de educación preescolar, teniendo que realizarlas en comunidades que cuenten con este servicio. Las comunidades que cuentan con Preescolar y Primaria son La calera, La parada del Zarcida, Santo Domingo y Xoconoxtle, Las comunidades con Secundaria son las mismas, excepto Santo Domingo, el nivel Bachillerato se cursa en Villa de Zaragoza o en San Luis Potosí.

Alimentación

La mayor parte de la población de la Microcuenca Garrochitas-Panalillo I, es de escasos recursos económicos y presenta alto grado de marginación socio-económica, aunque según estadísticas de INEGI el municipio no es de alta marginación por la poca población sin embargo la verdad se ve reflejada en una agricultura y ganadería de subsistencia y alto riesgo.

La alimentación de la población en general es maíz, frijol, tortilla, huevo, nopal, carne de las diferentes especies ganaderas (bovinos, ovinos y caprinos), de manera secundaria leche y sus derivados, además de que cuentan con huertos de traspatio en cual tienen aves, cerdos, cabras, vacas, etc, con fines de producción como la carne,

leche, huevo, lo cual se ocupa principalmente para abastecer el consumo familiar, y en dado caso lo sobrante vendido para obtener dinero.

Salud

La infraestructura y personal de servicios médicos son pocas, salvo clínicas en las cabeceras municipales no se tiene mucho más.

El Instituto Mexicano de Seguro Social tiene establecida una unidad médica familiar en Villa de Zaragoza, las comunidades de la microcuenca que cuentan con clínica o centro de salud, son las comunidades de La calera y Parada del Zarcido. En la microcuenca la población derecho habiente a servicios de salud, como: el Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS), el Instituto de Seguridad y Servicios Sociales de los Trabajadores del Estado (ISSSTE e ISSSTE estatal), El seguro popular o Seguro Médico para una Nueva Generación. La población derecho habiente es de 9479 personas. La población derecho habiente del IMSS es de 5547, La población derecho habiente del ISSSTE es de 78 personas, La población derecho habiente del ISSSTE estatal es de 6 personas y la población derecho Habiente del seguro popular es de 3809 personas.

Organización

Generalmente los integrantes de las comunidades que tienen comisariado ejidal cita a que se reúnan 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.

Servicios públicos

La microcuenca dispone de servicios públicos fundamentales, entendiéndose que la cabecera municipal cuenta con todos los servicios, como lo son la red de agua potable, la red de drenaje público no se encuentra disponible en ninguna de las comunidades, limpieza de las calles, recolección de basura domiciliaria, alumbrado público, calles

pavimentadas, siendo las comunidades con mayor población las que cuentan con estos servicios.

La mayoría de comunidades se enlazan a través de caminos de terracería, o pavimento que conexas a la carretera, algunas comunidades cuentan con transporte público, que los comunica con los municipios de San Luís Potosí, el servicio de telecomunicaciones se realiza a través de casetas telefónicas que cuentan con larga distancia que se encuentran instaladas en las comunidades y la telefonía celular. En el cuadro 4 se muestra algunos datos de los servicios que tienen las viviendas habitadas de la microcuenca.

Cuadro 4. Servicio de las viviendas habitadas en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Servicios	Viviendas
Viviendas particulares habitadas que disponen de drenaje	2265
Viviendas particulares habitadas que no disponen de drenaje	327
Viviendas particulares habitadas que disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	1908
Viviendas particulares habitadas que no disponen de luz eléctrica, agua entubada de la red pública y drenaje	700
No disponen de ningún bien	70

Fuente: INEGI (2010)

Comercio y servicios

Las comunidades de la microcuenca cuentan con comercios y servicios como lo son Tianguis, Tiendas de abarrotes, papelerías, Tiendas de materiales de construcción, venta de gas, Restaurante, Cantina, Bar o expendio de licores.

Problemática

La problemática con las que las comunidades de la Microcuenca Garrochitas–Panalillo I cuentan son principalmente la falta de infraestructura o servicio de agua, falta de drenaje y alcantarillado, falta de otros servicios o equipamiento, falta de energía eléctrica, falta de empleo o emigración, alcoholismo o drogadicción.

Infraestructura Industrial

La microcuenca Garrochitas Panalillo II, carece de infraestructura industrial, por lo que en las temporadas de inactividad agrícola, los pobladores se dedican a la cría y explotación de animales, empleos domésticos, servicio de reparación y mantenimiento de automóviles y camiones, comercio al por mayor de materias primas agropecuarias y forestales, para la industria, y materiales de desecho, comercio al por menor de abarrotos, alimentos, bebidas, hielo y tabaco, trabajos de albañilería de instalaciones hidrosanitarias y eléctricas y de trabajos en exteriores, fabricación de productos a base de minerales no metálicos, agricultura, trabajan en otra comunidad, se desplazan a la cabecera municipal o inmigran.

Sistemas de Producción

Agricultura

La microcuenca Garrochitas-Panalillo I, se caracteriza por tener una superficie dedicada a la actividad agrícola, de 741 hectáreas bajo condiciones de temporal, en el cual se desarrolla la agricultura, sin importar su ubicación, ni la severidad topográfica que impida su proliferación, siendo los principales sistemas de explotación el maíz y el frijón como monocultivos, respectivamente, realizando una sola siembra durante el año en la estación de lluvias. El tamaño de las parcelas, es en promedio de 4 a 6 hectáreas por productor.

Ganadería

Los productores de la microcuenca Garrochitas-Panalillo I, se dedican a la ganadería como una actividad complementaria, contando con una superficie aproximada de 6,250 has de pastizales en mal estado, que en la mayoría de los casos carecen de cercos perimetrales, pero cuentan con tanques o bordos de agua para abrevaderos del ganado. En 2007 se realizó la construcción de un bordo de abrevadero, su vertedor y las presas filtrantes aguas arriba para prolongar la vida útil del bordo, así como la construcción de más presas filtrantes aguas arriba de otro bordo más antiguo que tienen la misma finalidad. La gestión se realizó a través de CONAZA, lo cual fue aprobada y

actualmente las obras que han sido ejecutadas con recursos del PIASRE (Programa Integral de Agricultura Sostenible y Reconversión Productiva) se han terminado. En algunas comunidades tienen cerca del agostadero lagunas. El manejo del hato es de ganadería extensiva en las áreas de agostadero o de uso común, existiendo engordas de animales de las diferentes especies, incluso considerando los animales de desecho, con un coeficiente de agostadero de 12.6 ha/u.a. La sanidad e higiene es casi nula y se utiliza mano de obra familiar para los diferentes trabajos del hato ganadero y las especies menores y de traspatio.

Las actividades pecuarias, están enfocadas hacia la explotación de especies ganaderas como son los bovinos (genotipo criollos), ovinos (encastados de rambouillet) 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 de la Microcuenca Garrochitas-Panalillo I, predominando en esta área el bosque latifoliado (encino) y cedro blanco y un poco de pino piñonero muy escaso. En la parte media de la microcuenca existen también matorral espinoso como son los mezquites y huizaches; nopaleras del tipo cardón, duraznillo, rastrero, tapón, etc; además de distintos tipos de magueyes, y ramones, 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. Los recursos forestales, se encuentran en mal estado, debido al alto grado de deforestación, ocasionado por el manejo inadecuado del mismo y su capacidad de recuperación es baja, ya que esta es de forma natural y se ve afectada por el pastoreo de estas áreas debido a la falta de forrajes en las épocas críticas.

Minería

En la microcuenca Garrochitas-Panalillo 1, se localizan importantes depósitos de Rocas ígneas, sedimentarias y de suelos aluviales, tales como, cuarzo, calcita, riolita, fluorita dolomita, las cuales han sido explotadas.

Clima

De acuerdo a la clasificación de Koppen corresponde al tipo semiseco templado con lluvias en verano (Bsjkw). Al oriente es seco y templado y al poniente semiseco templado.

De acuerdo a datos del INIFAP (Cuadro 5). La temperatura promedio anual es de 14.9, que oscila desde los 11.6°C y los 18.4°C, La temperatura más baja se ubica en el mes de Enero con 2.7°C, siguiéndole el mes de diciembre con 12.9°C, la temperatura más alta se encuentra en el mes de Mayo con un promedio de 28.8°C, abril es el segundo mes más caluroso con una temperatura de 27.8°C, esto lo podemos ver más claramente en la figura 1. La precipitación promedio anual es de 327.5 mm, los meses con mayor precipitación van de abril a octubre, sin embargo todos los meses presentación incidencias de precipitación.

Cuadro 5. 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	22.5	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	327.5

Fuente: Medina *et al.* (2005)

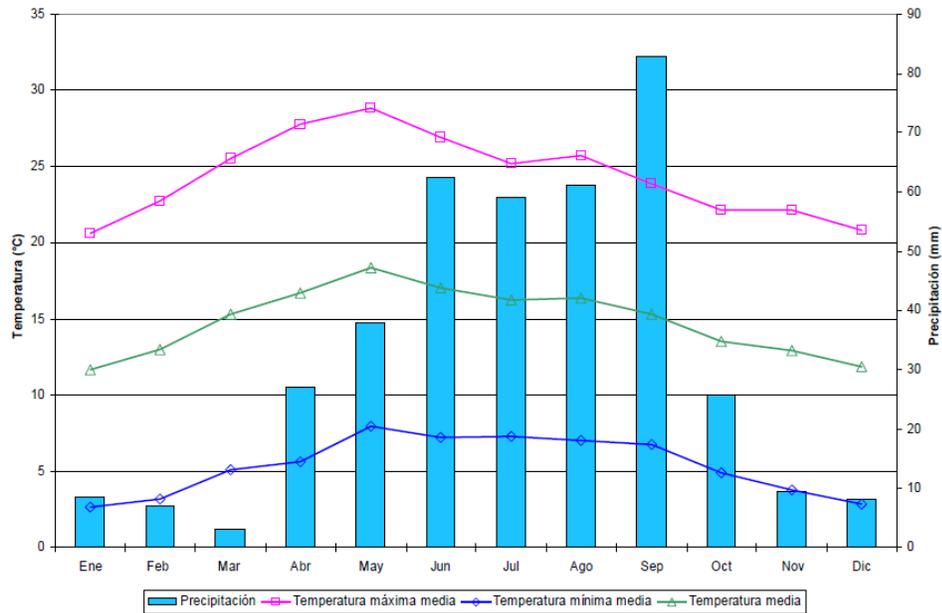


Figura 1. Climograma de temperatura y precipitación promedio mensual en la estación Xoconoxtle, Zaragoza. Fuente: Medina *et al.* (2005).

Hidrología

La microcuenca garrochitas panalillo I, se encuentra comprendida en la región Hidrológica RH- 37 “El Salado” (Cuadro 6), por su extensión, corresponde a una de las vertientes interiores más importantes del país, se ubica en la altiplanicie septentrional, en toda la porción noroccidental del estado de San Luís Potosí; su extensión dentro de territorio potosino corresponde a 54.2% de la superficie total, La mayor parte de su territorio está situado a la altura del Trópico de Cáncer. Está constituida por cuencas cerradas de diferentes dimensiones y carece casi por completo de elevaciones importantes, esto último, aunado a las condiciones climatológicas de la región, hace que no haya grandes corrientes superficiales. Dentro de la entidad limita al sureste con la Región Hidrológica 26, Pánuco. Está constituida por una serie de cuencas cerradas que se caracterizan por la carencia de grandes corrientes superficiales. En el estado se encuentran parte de siete cuencas que corresponden a esta región, de las que se describe a continuación sus principales características.

La cuenca Presa San José – Los Pilares y Otras, ocupan un lugar importante dentro de San Luís Potosí, tanto por el área que abarca (10,817.92 km² que representa el 17% del territorio potosino), como por la cantidad de ciudadanos asentados en ella, entre las que

destacan la Capital del Estado, Soledad de Graciano Sánchez, Villa de Zaragoza, Mexquitic, Los pilares, Villa de Arista, Moctezuma, Venado y Charcas. En esta cuenca se pueden observar innumerables corrientes intermitentes como los arroyos Magdalenas, Cañada Verde, Palomas, Potrerillos, Ojo de agua, San Pedro e Independencia (INEGI, 2010).

Se ubica dentro de la subcuenca Presa San José. Está delimitada en los puntos de mayor elevación o parteaguas 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 exorreica. Las corrientes principales que corren de Este a Oeste son las de Arroyo Grande, Arroyo Tinajas, Arroyo El Ranchito, Arroyo El Monte, Arroyo el Jagüey Colorado. Los arroyos que confluyen con la corriente principal que es la de Arroyo Grande son Arroyo el Rayo, Arroyo el Quemado y Arroyo el Encino.

Cuadro 6. Regiones, cuencas y subcuencas hidrológicas.

Región	Cuenca	Subcuenca
RH-37 “El Salado”	Presa San José Los Pilares y otras	Presa San José

Fuente: INEGI (1978).

La red de drenaje es el sistema de cauces o corrientes por el que fluyen los escurrimientos superficiales, subsuperficiales y subterráneos, de manera temporal o permanente. Las corrientes de la Microcuenca Garrochitas-Panalillo I, se puede clasificar como del tipo efímeras, ya que solo conducen agua durante las lluvias o inmediatamente después de estas. Presenta un modelo de drenaje dendrítico debido a que está formado por una corriente principal con sus afluentes primarios y secundarios, uniéndose libremente en todas direcciones. Con relación al sistema de corrientes en la microcuenca se cuenta con 121 de primer orden, 23 de segundo orden, 5 de tercer orden, 2 de cuarto orden y 1 de quinto orden, ocurriendo un total de 152 corrientes, resultando ser una microcuenca de quinto orden.

La densidad de drenaje se define como la longitud total de los cauces dentro de la cuenca, dividida entre el área total de drenaje, existiendo 1.64 km/km² (Figura 2). 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.

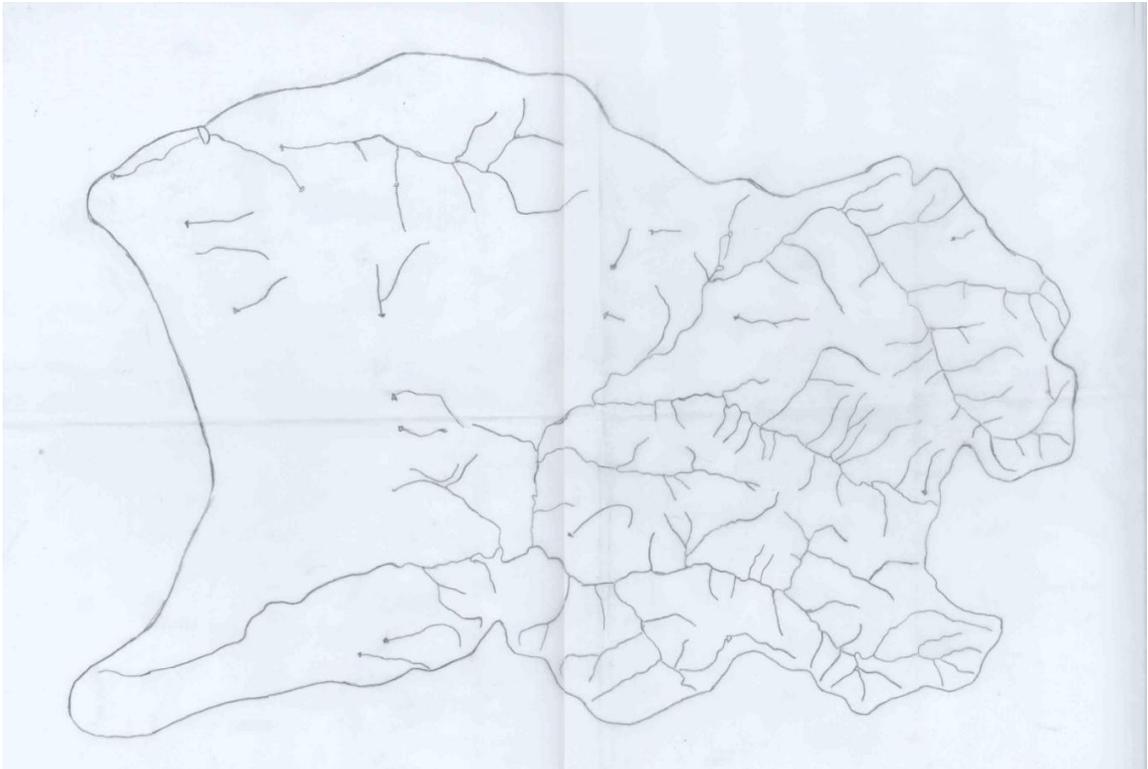


Figura 2. Red de drenaje de la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Geología

La microcuenca garrochitas-panalillo I, geológicamente está compuesta en su mayoría por rocas sedimentarias principalmente riolita, toba acida, caliza, caliza-lutita, conglomerado y suelos aluviales. Su composición se describe a continuación:

Riolita Ts (r): Son rocas de textura porfídica de un color gris a rojizo con fenocristales de cuarzo y sanidino, presenta fracturamiento moderado, estructura fluidal, con texturas porfídicas y afaníticas. Son coladas lávicas con fracturamiento de bloques. Sobreyace discordantemente a rocas del Mesozoico, su edad corresponde al Terciario (Plioceno-Mioceno), aflora en la porción norte-centro y sur de la micro-cuenca. Tiene una composición química muy parecida a la del granito. A la riolita se le considera el equivalente volcánico del granito, lo que se agrega a otras evidencias que demuestran

que el granito se origina a partir de magma tal como lo hace la riolita, solo que a mayor presión.

Toba ácida Ts (ta): Roca de composición Riolítica con fracturamiento moderado e intemperismo somero. La constituyen toba ácida, toba soldada (ignimbrita) y toba dacítica; formadas por minerales de cuarzo, feldespato, plagiocasa sódica, biotita y fragmento de diversas rocas, entre las que sobresalen el pómez. Tiene matriz vítrea ácida hematizada, su textura varia de afanítica a porfídica merocristalina y ligeramente piroclástica; su color es rojizo y rosa. Presenta fracturas y vesículas rellenas de sílice. La unidad sobre yace 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 poniente de la Micro cuenca.

Caliza: Ki (cz): Rocas de origen marino de facia extralitoral de grano fino, sobreyace de manera concordante a calizas y lutitas del Jurásico Superior. Se le correlaciona con la formación Zuluoga.

Caliza-Lutita Ks (cz-lu): 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-sur de la zona.

Conglomerado Ts (cg): Roca de origen continental constituida por fragmentos de rocas sedimentarios y volcánicos, su litología y grado de cementación varía, los fragmentos son redondeados y varían de 1 a 30 cm., de diámetro, con bloques esporádicos de anguloso o subanguloso; matriz arenosa semicompacto de color gris rojizo. Subyace discordantemente a rocas sedimentarias del Cretácico y volcánicas del Terciario. Esta unidad se origino durante los eventos de depositación aluvial Pliocénicos y Pleistocénicos que provocaron depósitos gravosos.

Aluviales Q (al): Suelo producto de la erosión a que se encuentran sometidas las rocas existentes de la región. Está constituido por gravas, arenas y arcillas por lo que los materiales tienen un rango granulométrico muy amplio. Se conforma de fragmentos

líticos de rocas pre-existentes y minerales de cuarzo y feldespato, con grado de redondez variable. Se encuentra ampliamente distribuido al sur de la microcuenca.

Fisiografía

La microcuenca garrochitas-panalillo I se ubica en la Provincia Fisiográfica Sierra Madre Oriental correspondiendo a las Subprovincia Cordilleras Bajas, en la porción Oriental. La orografía consiste en cordilleras alargadas de orientación general nornoroeste, que están flanqueadas generalmente por estrechos valles aluviales y cubiertos por algunas mesetas de origen volcánico.

La altitud de la microcuenca sobre el nivel de mar se eleva desde los 1850, en su parte más baja y 2,360 en la más alta constituyendo su principal relieve orográfico el Cerro del Borrego con una altitud de 2,360 m.s.n.m.

Suelos

La microcuenca garrochitas-panalillo I, cuenta con 6 tipos de suelo, siendo los suelos de mayor predominancia los de tipo Litosol (4763.72 ha), en segundo lugar predominan los tipo Litosol asociado con suelo tipo Phaeosem luvico con textura fina con una superficie de de 2256.72 has. Los de menor presencia en la microcuenca son suelos del tipo Litosol asociado con suelo tipo Rendzina y Phaeosem luvico de textura fina con una superficie de 189.25 has, y los suelos tipo Chernozem Cálculo con una superficie de 185.20 has (Cuadro 7).

Cuadro 7. Unidades de suelo presentes en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Descripción	Unidad de Suelo	Área (ha)	Porcentaje
Chernozem cálcico	Ck/2	185.20	1.32%
Phaeozem háplico	Hh/2	1541.24	10.97%
Phaeozem háplico + litosol eutríco	Hh + Ie/2	271.46	1.93%
Litosol	1/2	4763.72	33.89%
Litosol+Rendzina+Phaeozem luvico	I+E+H1/3	189.25	1.35%
Litosol + Phaeozem luvico	I+H1/2	2256.72	16.06%
Litosol + Xerosol háplico	I+Xh/2	652.63	4.64%
Castañozem	K1/2	719.24	5.12%
Xerosol haplico	Xh/2	1699.54	12.09%
Xerosol haplico + litosol eutríco	Xh+Ie/2	1775.56	12.63%

Características de las unidades de suelo

Litosol: Este tipo de suelos se encuentran distribuidos con amplitud en las partes altas de las sierras, en lomeríos y algunas veces en bajadas. Son muy someros, menores de 10 cm de profundidad, sobreyacen directamente a la roca o a una fase dura, continua y coherente, y presentan bastantes afloramientos rocosos. Son de color grisáceo oscuro, con textura media y pH ligeramente alcalino; por lo general se asocian con regosoles, rendzinas y feozems. Por su escasa profundidad no se recomienda ningún tipo de uso para estos suelos, sólo dejarlos para la vida silvestre.

Litosol eutríco: es un suelo de poca profundidad (menos de 50 cm de espesor) y con presencia de roca dura. Presentan un horizonte A ócrico (de colores claros, indicativos de falta de nutrientes), con un grado de saturación del 50 % y un contenido en materia orgánica 2-4 %. Estos suelos se producen por la escasez de cubierta vegetal y consecuentemente un desarrollo menor de suelo, peor estructurado y de menor porosidad.

Rendzina: Este tipo de suelos son poco profundos y de desarrollo moderado, tienen limitante física a menos de 50 cm de profundidad, lítica o petrocálcica (caliche), así como un horizonte superficial (horizonte A mólico) que descansa sobre material calcáreo. Presentan color oscuro o pardo rojizo, con alto contenido de materia orgánica y

pH ligeramente alcalino, con predominio de la textura fina (arcillosa) y algunos con textura media.

Castañozem: Su origen es aluvial y tienen color que varía de pardo rojizo a pardo oscuro, presentan textura media, con buen contenido de materia orgánica y pH que oscila de neutro a ligeramente alcalino; la reacción al ácido clorhídrico es fuerte por el alto contenido de carbonato de calcio dentro del perfil.

Phaeozem: Son de origen residual y coluvio-aluvial, derivados a partir de rocas tales como riolita, toba ácida, caliza y lutita, en algunas áreas son de origen aluvial; presentan color pardo oscuro y textura media, poseen pH ligeramente ácido y con buen contenido de materia orgánica. Son suelos más o menos profundos, aunque en la mayoría se encuentra la fase lítica como limitante a menos de 100 cm de profundidad; en algunas áreas existe alto contenido de arcillas en el horizonte subyacente (Phaeozem lúvico); algunos reaccionan con intensidad al ácido clorhídrico a causa de la presencia de carbonatos dentro de los 50 cm superficiales (Phaeozem calcárico), y en otros no hay otra característica distintiva (Phaeozem háplico).

Phaeozem Háplico: suelo caracterizado por su gran fertilidad, derivada del nivel de madurez de los horizontes, particularmente del "A", ya que existe una concentración adecuada de materia orgánica que favorece las actividades agropecuarias.

Phaeozem Lúvico: se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa de acumulación de arcilla (Horizonte B Argílico). Algunos de estos suelos pueden ser algo más infértiles y ácidos que la mayoría de los phaeozems.

Xerosol: Son suelos de profundidad moderada, aunque existen pequeñas áreas en que son profundos. Su origen es aluvial en las llanuras y coluvio-aluvial en las bajadas. El material materno consiste de sedimentos que se han originado, de manera fundamental, a partir de roca caliza, la cual da colores claros a estos suelos debido a la baja precipitación en la zona y al bajo contenido de materia orgánica; son de textura media. Algunos presentan acumulación secundaria de carbonatos de calcio (Xerosol cálcico), otros tienen acumulación secundaria de sulfato de calcio en forma de cristales de yeso de tamaños fino (menores de 1 mm) y mediano (1-2 mm) a cierta profundidad (Xerosol gypsico) y otros no manifiestan característica distintiva (Xerosol háplico). En algunos ha ocurrido una migración de materiales finos (arcilla) del horizonte superior y su

acumulación a un horizonte más profundo, formándose un horizonte argílico (Xerosol lúvico).

Chernozem Cálculo: Con un horizonte cálcico o concentraciones de carbonatos secundarios entre 50 cm y 1 metro de profundidad.

Distribución de la superficie edafológica

La microcuenca Garrochitas Panalillo I está conformada por una distribución de unidades de suelo, la cual es: Litosol (I/2) con 33.89% igual a 4763.72 ha, Litosol + Phaeozem luvico (I+H1/2) con 16.06 % que equivale a 2256.72 ha, Xerosol háplico + litosol eutrico (Xh+Ie/2) con 12.63% igual a 1775.56 ha, seguido por Xerosol háplico (Xh/2) con una superficie que representa el 12.09% o sea 1699.54 ha, Phaeozem háplico (Hh/2) con 10.97% igual a 1541.4 ha, le sigue Castañozem (K1/2) con un 5.12% equivalente a 719.24 ha, Litosol + Xerosol háplico (I+Xh/2), con 4.64% igual a 652.63 ha, Phaeozem háplico + litosol eutrico (Hh + Ie/2) con un 1.93% del total de la superficie representando 271.46 ha, Litosol+Rendzina+Phaeozem luvico (I+E+H1/3) con un 1.35% igual a 189.25 ha, y por ultimo Chernozem cálcico (Ck/2) ocupando el 1.32% de la superficie de la microcuenca equivalente a 185.20 (Figura 4).

GARROCHITAS-PANALILLO I

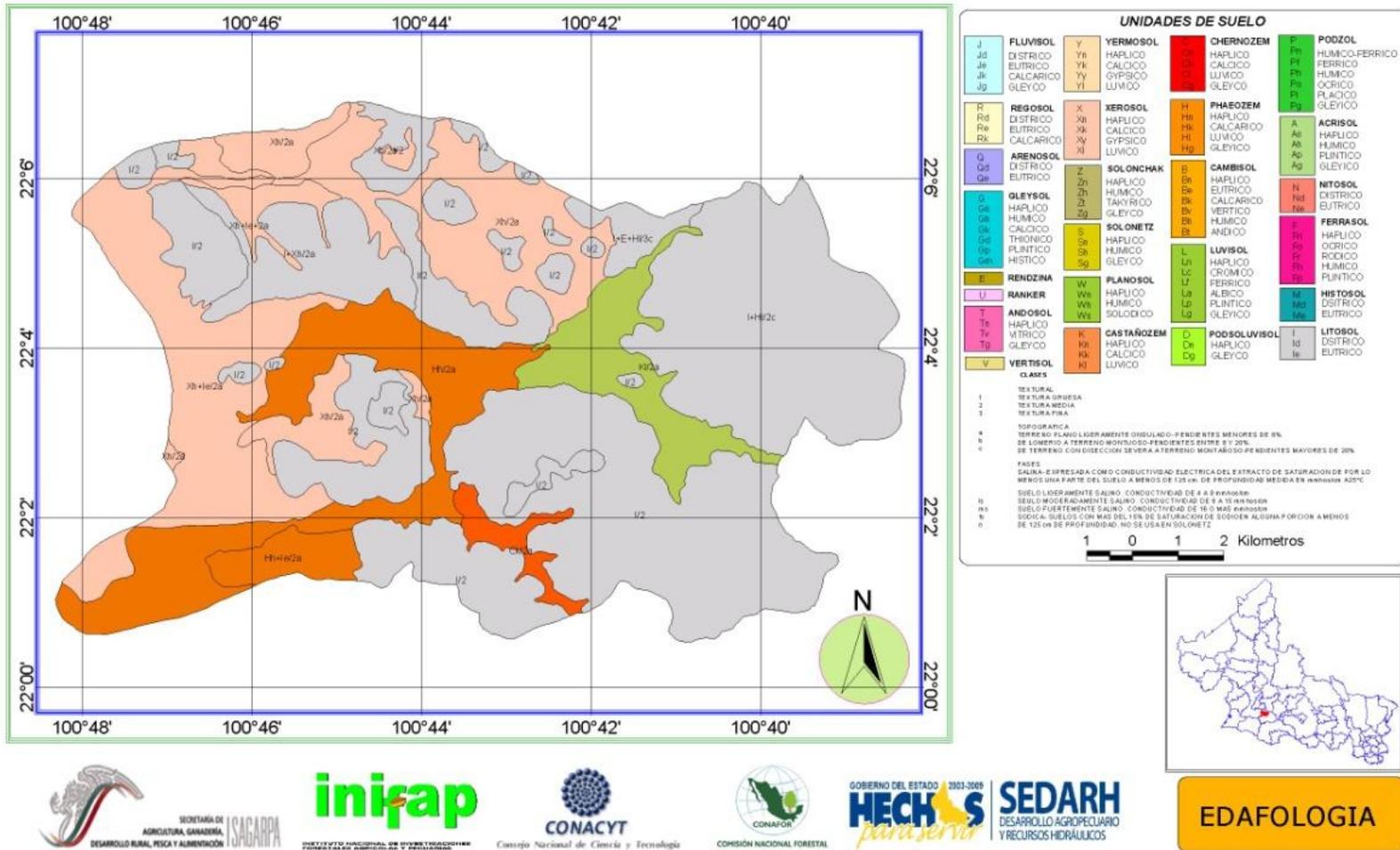


Figura 3. Tipos de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 edafología 1: 50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007).

Flora

La vegetación de la microcuenca sirve de protección al suelo, siendo un amortiguador de las gotas de lluvia, así como del efecto de las corrientes de aire, evita el desprendimiento de las partículas del suelo y por lo tanto evita la erosión de la zona. La vegetación constituye el hábitat de la fauna del lugar, así como parte básica de la alimentación de estos mismos y es parte estructural de los ecosistemas. El tipo de vegetación es: En la parte alta de la Microcuenca, se practica la actividad forestal, encontrando diferentes tipos de vegetación, como remanentes de Encino-Pino y Chaparrales. La vegetación que cubre las áreas pecuarias está constituido principalmente por pastizal natural (navajita), matorral subinerme (huizache y mezquite) y Crasi Rosulifolios Espinosos. Las especies de vegetación más destacadas en la microcuenca se presentan en el cuadro 8.

Cuadro 8. Vegetación existente en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Nombre Común	Nombre Científico	Nombre Común	Nombre Científico
Mezquite	<i>Prosopis laevigata</i>	Uña de Gato	<i>Mimosa monancistra</i>
Huizache	<i>Acacia schaffneri</i>	Gatuño	<i>Mimosa biuncifera</i>
Garambullo	<i>Myrtillocactus geometrizarans</i>	Escobilla	<i>Baccharis ramulosa</i>
Nopal Cardón	<i>Opuntia robusta</i>	Romerillo	<i>Cowania mexicana</i>
Nopal Rastrero	<i>Opuntia rastrera</i>	Gobernadora	<i>Larrea divaricata</i>
Nopal Duraznillo	<i>Opuntia leucontricha</i>	Sangre de Grado	<i>Jatropha dioica</i>
Coyonoxtle	<i>Opuntia imbricata</i>	Biznaga	<i>Mamilaria sp</i>
Nopal Cuijo	<i>Opuntia cantabrigensis</i>	Banderilla	<i>Bouteloua curtipendula</i>
Garabatillo	<i>Mimosa sp</i>	Navajita	<i>Bouteloua gracilis</i>

Fauna

La fauna de la microcuenca consta de especies de grandes y pequeños mamíferos, aves y reptiles. La fauna en la microcuenca está compuesta como lo indica el cuadro 9.

Cuadro 9. Especies de fauna silvestre en la microcuenca Garrochitas panalillo I.

Nombre Común	Nombre Científico
Ratones	<i>Perognathus spp.</i>
Ratas de Campo	<i>Mus musculus</i>
Ardillas	<i>Ammospermophilus 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>
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 durissus</i>

Uso actual del suelo

El uso del suelo es un término clave de las intervenciones humanas en la naturaleza, Son las diferentes formas en que se emplea un terreno y su cubierta vegetal. En los sitios menos modificados, el uso del suelo está determinado precisamente por la vegetación natural del mismo: bosques, selvas y matorrales, que constituyen la categoría “primaria”.

El uso de suelo de la Microcuenca Garrochitas Panalillo I se clasifica en: a) Uso Agrícola, b) Uso pecuario y c) Asociaciones especiales de vegetación (Figura 4).

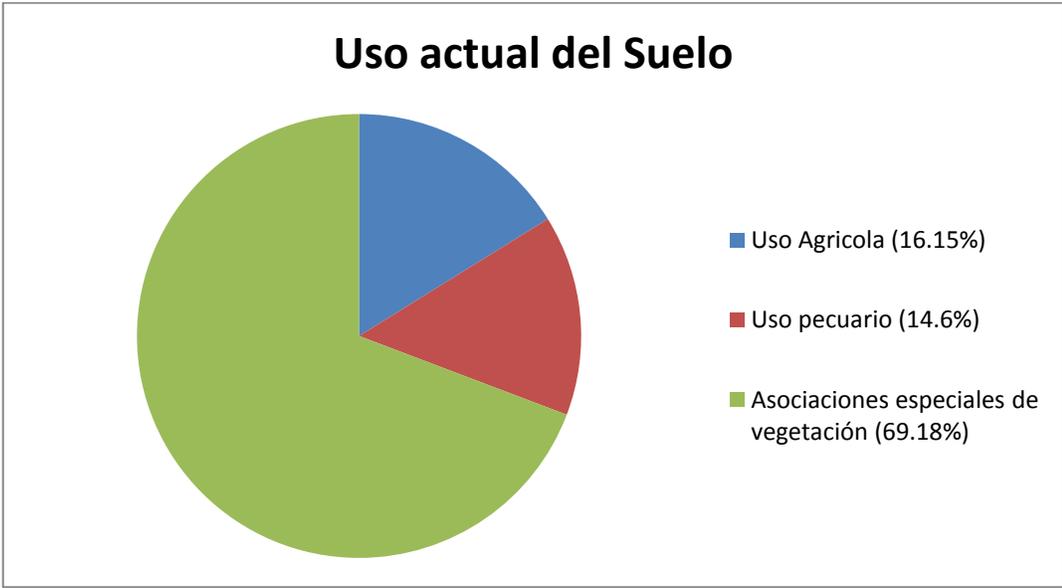


Figura 4. Uso actual de suelo en la microcuenca Garrochitas panalillo I.

GARROCHITAS-PANALILLO I

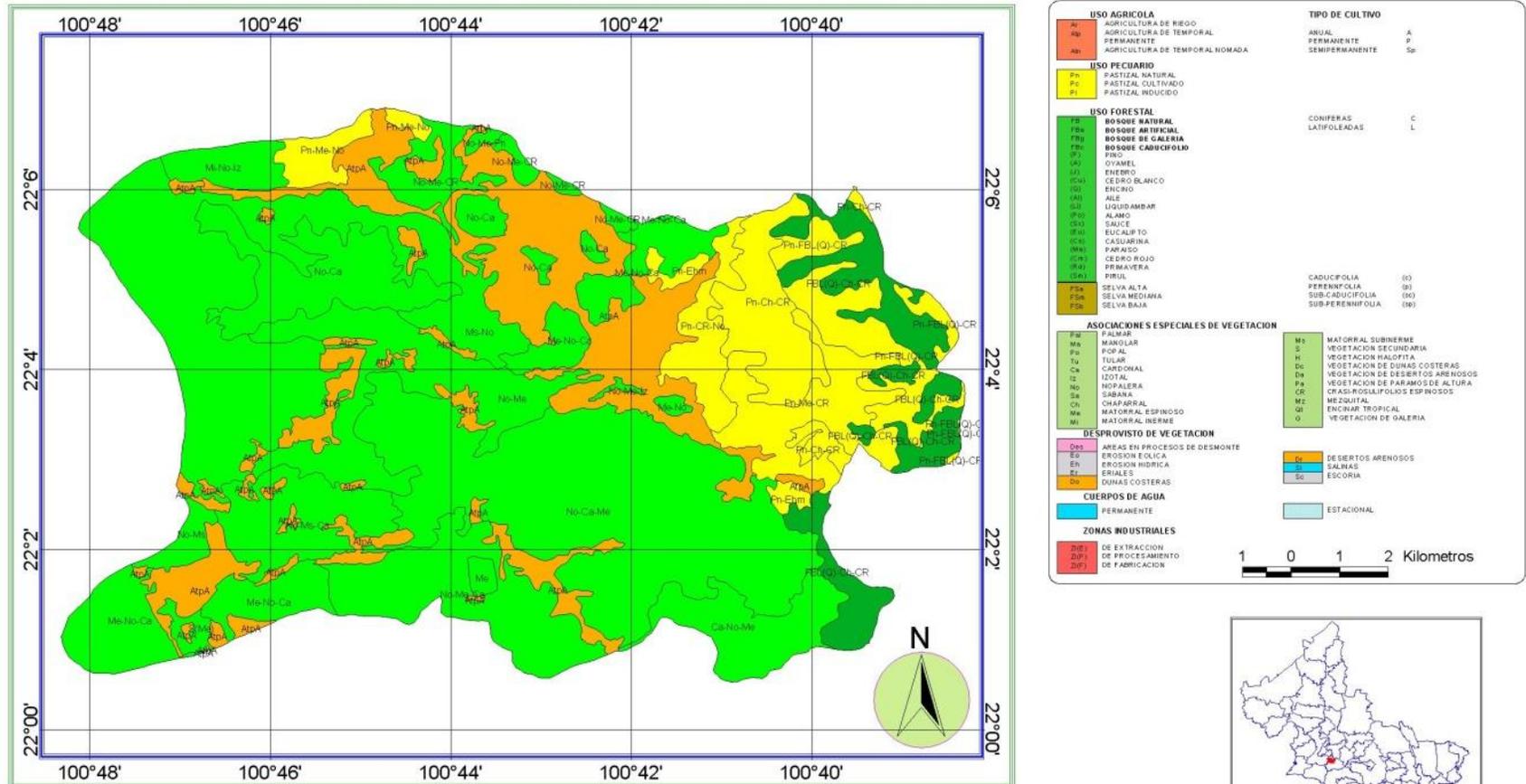


Figura 5. Tipo de vegetación y uso actual del suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I (fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso del suelo 1:50 000 INEGI, 1978, realizada en INIFAP, 2007



Asociaciones especiales de vegetación

Las asociaciones especiales de vegetación dentro de la superficie de la microcuenca Garrochitas Panalillo I, ocupan el 69.18%. En el cuadro 10 se describen las asociaciones de vegetación localizadas en la microcuenca.

La asociación con mayor superficie corresponde a Nopalera-Cardonal-Matorral espinoso con un 17.13 % que equivale a 2407.49 ha de los 69.18% de superficie que corresponden a las asociaciones especiales de vegetación. Le sigue la asociación de Matorral subinerme-Nopalera con un 14.03% o sea 1971.35 ha, después la asociación de Matorral espinoso-Nopalera-Cardonal cuyo porcentaje baja considerablemente a un 6.22% que son 873.61 ha, después las asociaciones de Nopalera-Matorral espinoso, Chaparral-Crasi-rosulifolios espinosos, Nopalera-Matorral espinoso-Cardonal con un 5.52%, 5.19% y 5.12% correspondientemente. Las asociaciones con menor superficie son Nopalera-Matorral espinoso-Pastizal natural con una superficie de 19.76 ha que corresponden a un 0.14% y Nopalera-Matorral espinoso-Izotal con un 0.09% equivalente a 12.64 ha.

Cuadro 10. Asociaciones especiales de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Tipo de Vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en la microcuenca
Ca-No-Me	Cardonal-Nopalera-Matorral espinoso	419.51	2.98%
FBL(Q)-Ch-CR	Bosque natural de latifoliadas (encino)- Chaparral-Crasi-rosulifolios espinosos	728.83	5.19%
Me	Matorral espinoso	36.67	0.26%
Me-No	Matorral espinoso – Nopalera	20.68	0.15%
Me-No-Ca	Matorral espinoso-Nopalera-Cardonal	873.61	6.22%
Mi-No-Iz	Matorral inerme -Nopalera-Izotal	181.40	1.29%
Ms-No	Matorral subinerme-Nopalera	1971.35	14.03%
No-Ca	Nopalera-Cardonal	680.05	4.84%
No-Ca-Me	Nopalera-Cardonal-Matorral espinoso	2407.49	17.13%
No-Me	Nopalera-Matorral espinoso	775.24	5.52%
No-Me-Ca	Nopalera-Matorral espinoso-Cardonal	719.87	5.12%
No-Me-CR	Nopalera-Matorral espinoso-crasi-rosilifolios espinosos	262.63	1.87%
No-Me-Iz	Nopalera-Matorral espinoso-Izotal	12.64	0.09%
No-Me-Pn	Nopalera-Matorral espinoso-Pastizal natural	19.76	0.14%
No-Ms	Nopalera-Matorral subinerme	92.26	0.66%
No-Ms-Ca	Nopalera-Matorral subinerme-Cardonal	466.42	3.32%
S(Me)	Vegetacion Secundaria- Matorral espinoso	55.07	0.39%

Cardonal (Ca): Matorral o Bosque en el que predominan o abundan algunas cactáceas altas de tallos cilíndricos. Son agrupaciones de plantas crasas altas (5 a 10m.) de las llamadas a veces candelabros y órganos.

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

Matorral espinoso (Me): Asociación vegetal donde más del 70% de plantas son espinosas. Este tipo de matorral se caracteriza por la dominancia de especies espinosas y caducifolias una gran parte del año o áfilas (sin hojas); entre las especies más comunes se encuentran la *Acacia farnesiana* (Huizache), *Prosopis spp.* (Mezquite), *Mimosa spp.* (Uña de gato), *Acacia vernicosa* (Chaparro prieto), etc. Estas especies pueden estar acompañadas de nopaleras (*Opuntias*).

Bosque natural de latifoliadas (FBL(Q)): Vegetación dominada por árboles de hoja ancha principalmente encinos (*Quercus*), la mayoría caducifolios. Se les encuentra sobre todo en climas templados en las montañas, frecuentemente por debajo del piso altitudinal de las coníferas, aunque en ocasiones pueden desarrollarse en sitios francamente cálidos. Se les aprovecha especialmente para producir carbón y criar ganado. Debido a que los suelos de los encinares son frecuentemente muy fértiles, las actividades agrícolas son comunes en ellos.

Chaparral (ch): Vegetación generalmente densa, de árboles y arbustos esclerófilos de 1 a 4 m de alto resistentes al fuego. Se desarrolla principalmente en laderas de cerros por arriba del nivel de los matorrales de zonas áridas y semiáridas, así como de pastizales naturales y en ocasiones entre mezclados con otro tipo de vegetación como matorral desértico rosetófilo, matorral submontano, mezquital y bosques de pino y encino.

Crasi-Rosulifolios espinosos (CR): es una asociación de plantas con hojas dispuestas en rosetas, carnosas y espinosas como: *Agave spp.* (Magueyes), *Hechtia spp.* (Guapillas), *Agave lechuguilla* (Lechuguilla), *Agave falcata* (Espadín), *Dasylyrion spp.* (Sotol), etc.

Matorral inerme (Mi): se refiere a una comunidad vegetal formada por más del 70% de plantas sin espinas; entre las especies más comunes se encuentran la *Larrea*

tridentata (Gobernadora), *Flourensia cernua* (Hojasén), *Cordia greggii* (Nagua blanca o trompillo), *Franseria dumosa* (Hierba del burro).

Izotal (Iz): comunidades propias del clima árido caracterizadas por el predominio de especies de *Yucca* y de otras plantas de aspecto similar, como *Beaucarnea* y *Nolina*.

Matorral subinermes (Ms): se caracteriza por un estrato arbustivo superior, cuya altura varía entre 2.5 a 5m. Comunidad compuesta por plantas espinosas e inermes, cuya proporción entre unas y otras es mayor de 30% y menor de 70%. Crece sobre suelos someros que a veces presentan una capa superficial de hojarasca y son comunes los afloramientos de la roca madre.

Pastizal natural (Pn): es una comunidad dominada por especies de gramíneas, cuenta con un estrato rasteño, formado principalmente por plantas rastreras, incluyendo a veces algas; hay un solo estrato herbáceo, en el cual suelen dominar las gramíneas, aunque en la época favorable pueden aparecer especies de otras familias anuales. Los suelos propios de los pastizales son en general de reacción cercana a la neutralidad (pH 6 o 8), con textura que varía de migajón arcilloso a migajón arenoso y coloración rojiza a café, frecuentemente con un horizonte de concentración calimosa o ferruginosa más o menos continua. Comúnmente son suelos fértiles y medianamente ricos en materia orgánica. Se erosionan con facilidad.

Vegetación secundaria S(S): se refiere cuando hay algún tipo de indicio de que la vegetación original fue eliminada o perturbada a un grado en que ha sido modificada profundamente; es decir son comunidades originadas por la destrucción de la vegetación primaria; en algunos casos presenta un aspecto y composición florística diferente.

Uso agrícola

En la microcuenca Garrochitas Panalillo I, 16.15% (2269.38 ha.) de la superficie corresponde al uso agrícola, aunque en realidad el área es superior debido a que han incorporado áreas 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 Frijol y Maíz. En el cuadro 11 se describe el tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Cuadro 11. Tipo de uso agrícola en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Tipo de vegetación	Descripción	Superficie	% en la microcuenca
AtpA	Agricultura de temporal permanente para cultivos anuales	2269.38	16.15%

Agricultura de temporal permanente, para cultivos anuales (AtpA): comprende una superficie de 2269.38 ha (16.15% de la superficie total). Este tipo de agricultura es aquella que se desarrolla en terrenos donde el ciclo vegetativo de los cultivos que se siembran depende del agua de lluvia, estableciéndose principalmente cultivos anuales que cuyas variedades prosperan bajo escasa precipitación tales como sorgo, maíz, chícharo o pastos. O bien cultivos que prosperan por periodos dentro de un año como los cultivos de verano. Incluye los que reciben agua invernal como el garbanzo.

Uso Pecuario y otras asociaciones especiales de vegetación

La microcuenca cuenta con 2061.55ha de uso pecuario que equivalen a un 14.6% de la superficie, 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.

En el cuadro 17 se describen el tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

La superficie para uso pecuario no corresponderá necesariamente con la asociación vegetal específica como el pastizal por ejemplo, sino que puede extenderse a otras áreas con una fisonomía diferente aunque utilizada para el mismo fin, siempre y cuando la misma vegetación lo permita; en esta microcuenca el pastizal ocupa 14.6% por lo que con certeza se puede mencionar que es ocupada para uso pecuario, bajo las siguientes características:

En la microcuenca Garrochitas Panalillo I, se tiene diferentes asociaciones de vegetación usadas para desarrollar actividades agropecuarias, siendo la asociación de Pastizal natural-Matorral espinoso- Crasi-Rosulifolios espinosos la de mayor superficie siendo este de 541.75 ha correspondiendo a un 3.85% de los 14.6% de superficie destinados a uso pecuario, le sigue la asociación Pastizal natural-Bosque Natural de

latifoliadas (encino)- Crasi-Rosulifolios espinosos con 3.35% que equivalen a 470.94 ha. Las asociaciones con menos superficie son Pastizal natural-Crasi-Rosulifolios espinosos-Nopalera con 1.19% ósea 269.50 ha. Y Pastizal natural-Bosque Natural de latifoliadas (encino) con tan solo 0.02 ha. En la cuadro 12 se describen el tipo de uso pecuario de la microcuenca.

Cuadro 12. Tipo de uso pecuario en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Tipo de vegetación	Descripción	Superficie (ha)	% en microcuenca
Pn-CR-No	Pastizal natural-Crasi-Rosulifolios espinosos-Nopalera	268.50	1.19%
Pn-Ch-CR	Pastizal natural-Chaparral- Crasi-Rosulifolios espinosos	529.98	3.77%
Pn-Ehm	Pastizal natural-Erosión hídrica	81.32	0.58
Pn-FBL(Q)	Pastizal natural-Bosque Natural de latifoliadas (encino)	0.02	0.00%
Pn-FBL(Q)-CR	Pastizal natural-Bosque Natural de latifoliadas (encino)- Crasi-Rosulifolios espinosos	470.94	3.35%
Pn-Me-CR	Pastizal natural-Matorral espinoso- Crasi-Rosulifolios espinosos	541.75	3.85%
Pn-Me-No	Pastizal natural-Matorral espinoso-Nopalera	169.04	1.20%

Cuando no se hace un adecuado manejo de los recursos naturales se ocasionan diversos daños ambientales, esto provoca un desequilibrio económico, ecológico y social, afectando en todos los sectores de la población, esto pasa en muchos lados y la cuenca Garrochitas Panalillo I no es la excepción, todo esto se puede evitar con un manejo adecuado de los servicios ambientales, tanto de suelo, como agua, vegetación, etc.

Uso Potencial del Suelo

Los recursos naturales constituyen la riqueza de bienes o servicios que aportan una microcuenca al hombre que la habita. Su estado actual o futuro, depende del uso que los pobladores le otorguen. Disponer 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, vislumbrar su comportamiento y expectativas frente a las condiciones que impone cada sistema de aprovechamiento utilizado. Las clases de uso de suelo y extensión territorial de la microcuenca se encuentran presentes en el cuadro 13.

Cuadro 13. Clasificación de tierras por capacidad de uso en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Clase de capacidad de uso del suelo	Superficie (ha)	Superficie %
IV/c	2127.42	15.14%
IV/e	18.14	0.13%
IV/sc	665.53	4.74%
IV/sce	212.10	1.51%
V/c	2561.75	18.23%
VI/c	213.95	1.52%
VI/s	1273.34	9.06%
VII/s	2006.27	14.28%
VII/st	244.32	1.74%
VIII	4729.52	33.66%

Descripción de la clase de uso de suelo

Unidad de clase IV

Las tierras de este clase presentan fuertes limitaciones, solas o combinadas que restringen su uso a vegetación semipermanente y permanente. Son suelos con condiciones agroecológicas tales que no permiten su uso para cultivos anuales pero que sí permiten la siembra, labranza y recolección de cultivos de moderado (más de dos

años) o largo período vegetativo, herbáceos o arbustivos que no necesiten de la remoción frecuente y continuada del suelo, ni lo dejen desprovisto de una densa cobertura vegetal protectora excepto por períodos breves y poco frecuentes, sin deteriorar la capacidad de la tierra. Los cultivos anuales se pueden desarrollar únicamente en forma ocasional y con prácticas muy intensivas de manejo y conservación de suelos y agua, excepto en climas pluviales, donde este tipo de cultivo no es recomendable.

La pendiente es moderada y fuerte; cuando es uniforme se ubica entre el 12 y 20%, cuando es irregular va de 8 a 20%. Por lo que son muy susceptibles a la erosión del viento y el agua; son suelos delgados poco profundos (de 25 a 35 cm), cuyas condiciones físicas son desfavorables para la retención de humedad, muy porosos, con drenaje interno deficiente.

Restricciones

Limitado por clima (c): Son debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. 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 estas.

Limitado por erosión (e): Es la pérdida actual o potencial de suelo provocada por la escorrentía superficial y la acción del viento. La erosión actual o sufrida ocurre por malas prácticas de manejo de las tierras según el grado de inclinación de la pendiente.

Limitado por suelo (s): Se refiere a las limitaciones que se presentan, provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.

Unidad de clase V

Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural. Son terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes (20-35%) y que ofrecen muy escasa resistencia a la erosión causada por el agua; son suelos poco profundos (15-25 cm), con excesiva pedregosidad y que presentan altas concentraciones de sales (más de 16 mmhos) y sodio (> 30 PSI).

Restricciones

Limitado por clima (c): Son debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. 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 estas.

Unidad de clase de VI

Tierras que no reúnen las condiciones requeridas para sostener cultivos anuales o permanentes, pero que permiten su uso continuado en pastoreo de moderado a bajo rendimiento sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra. Son terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes (20-35%) y que ofrecen muy escasa resistencia a la erosión causada por el agua; son suelos poco profundos (15-25 cm), con excesiva pedregosidad y que presentan altas concentraciones de sales (más de 16 mmhos) y sodio (> 30 PSI). Las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas.

Restricciones

Limitado por clima (c): Son debidas a las distintas características climáticas que afectan negativamente el crecimiento de las plantas. 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 estas.

Limitado por suelo (s): Se refiere a las limitaciones que se presentan, provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.

Unidad de clase VII

Tierras que no reúnen las condiciones mínimas para clasificarse como aptas para cultivos en limpio, permanentes o pastoreo, pero que sí presentan condiciones favorables para el establecimiento de especies de porte arbóreo que mantengan una cobertura vegetal protectora sin remoción del suelo y sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra. En aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración natural. Son terrenos con pendiente

fuerte (35 a 100%) y muy escarpado, con suelos escasos (de 8 a 15cm de profundidad) que presentan poca resistencia a la acción erosiva del agua y el viento.

Restricciones

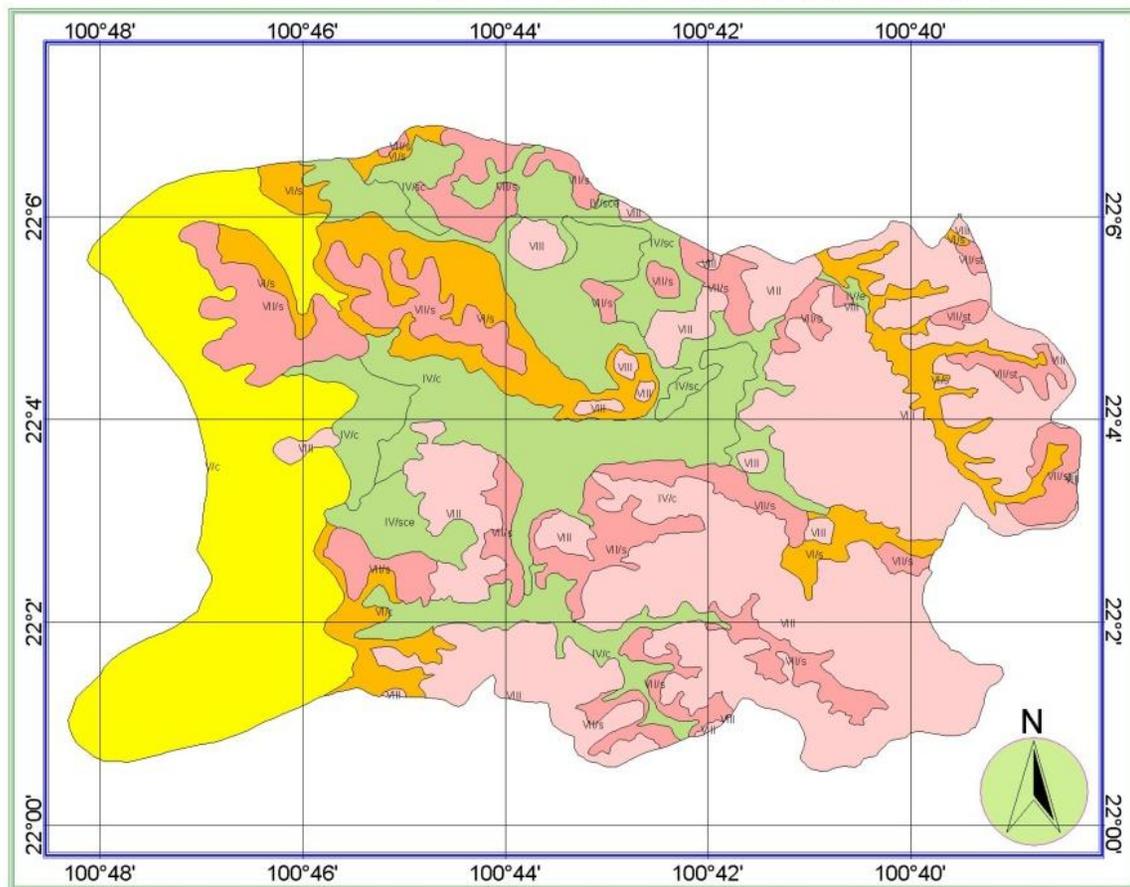
Limitado por suelo (s): Se refiere a las limitaciones que se presentan, provocadas por uno o varios de los siguientes factores: profundidad efectiva, textura, pedregosidad, fertilidad, toxicidad y salinidad.

Limitado por topografía (t). Este factor se refiere a la inclinación del terreno, considerando si es uniforme u ondulado y midiendo la pendiente en porcentaje.

Unidad de Clase VIII

Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna, pero que sí permiten su uso para la producción intensiva y permanente de maderas y otros productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra, desde el punto de vista agrológico no presenta algún uso ya que por lo general son tierras muy escabrosas (pendiente >100%), arenosas, demasiado húmedas o áridas, como para dedicarlas a cultivos, pastizales (practicultura) o silvicultura, pero que pueden ser útiles como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética, belleza escénica; algunos de estos terrenos son útiles para la extracción de materiales de construcción. En esta clase quedan incluidos los pantanos, las zonas de dunas (de costa o de desierto), las áreas atravesadas por numerosas cárcavas profundas y las áreas muy escarpadas y rocosas. Por estas características, la clase VIII se considera como tierras no adecuadas para uso agropecuario y forestal.

GARROCHITAS-PANALILLO I



INCREMENTO DE LAS LIMITACIONES DE USO DEL SUELO	INCREMENTO EN LA INTENSIDAD DEL USO DEL SUELO							
	CAPACIDAD DE USO DEL SUELO	VIDA SILVESTRE FORESTAL	PRATICULTURA			AGRICULTURA		
			LIMITADA	MODERADA	INTENSA	LIMITADA	MODERADA	INTENSA
I	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
II	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
III	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
IV	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Green
V	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
VI	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange
VII	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink	Pink
VIII	Light Pink	Light Pink	Light Pink	Light Pink	Light Pink	Light Pink	Light Pink	Light Pink

- FACTORES LIMITANTES
- s SUELOS
 - c CLIMA
 - t TOPOGRAFIA
 - e EROSION
 - i EXCESO DE AGUA
 - 8 SODICIDAD Y/O SALINIDAD

0 1 2 Kilometros



USO POTENCIAL

Figura 6. Uso potencial de suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, realizada en INIFAP, 2007).

Superficie de capacidad de uso de suelo

La mayor parte de la microcuenca presenta tierras de clase VIII en una superficie de 4729.52 ha (33.66% de la superficie de la microcuenca); las tierras de esta clase presentan limitaciones tan severas que no son aptas para ninguna actividad económica directa del uso del suelo, de modo que sólo se pueden dedicar para la protección de los recursos naturales (suelos, bosques, agua, fauna, paisaje). En la parte media existen tierras pertenecientes a la Clase IV, con diversas restricciones como lo son el suelo, erosión, clima, son suelos apropiados para la práticamente (pastizales) con limitaciones moderadas, estas tierras son aptas para la producción de cultivos permanentes o semipermanentes. Los cultivos anuales sólo se pueden desarrollar en forma ocasional y con prácticas muy intensas de manejo y conservación de suelos, esto debido a las muy severas limitaciones que presentan estos suelos para ser usados en este tipo de cultivos de corto período vegetativo, también se permite utilizar los terrenos de esta clase en ganadería, producción forestal y protección, requiere un manejo muy cuidadoso, en conjunto cubren una superficie de 3023.19 ha que representa el 21.52%. La clase tipo V es apta para la actividad ganadera, también se permite la actividad del manejo del bosque natural cuando hay, las tierras de esta clase presentan limitaciones y riesgo de erosión de modo tal que los cultivos anuales o permanentes no son aptos para esta, ocupa 2561.75ha equivalente a 18.23% de la superficie, le sigue la clase VII la cual es apta para el manejo del bosque natural, además de protección, las limitaciones son tan severas que ni siquiera las plantaciones forestales son recomendables en los terrenos de esta clase, ocupa una superficie de 2250.59 ha (16.02%), por último la clase VI las cuales son aptos para la actividad forestal (plantaciones forestales), también se pueden establecer plantaciones de cultivos permanentes arbóreos tales como los frutales, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos (terrazas individuales, canales de desviación, etc.), son aptos para pastos, otras actividades permitidas en esta clase son el manejo del bosque natural y la protección, presentan limitaciones severas, ocupan una superficie de 1487.29 ha ó sea 10.58% del total de la superficie.

Cuando se habla de uso potencial nos referimos al 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.

Erosión Potencial

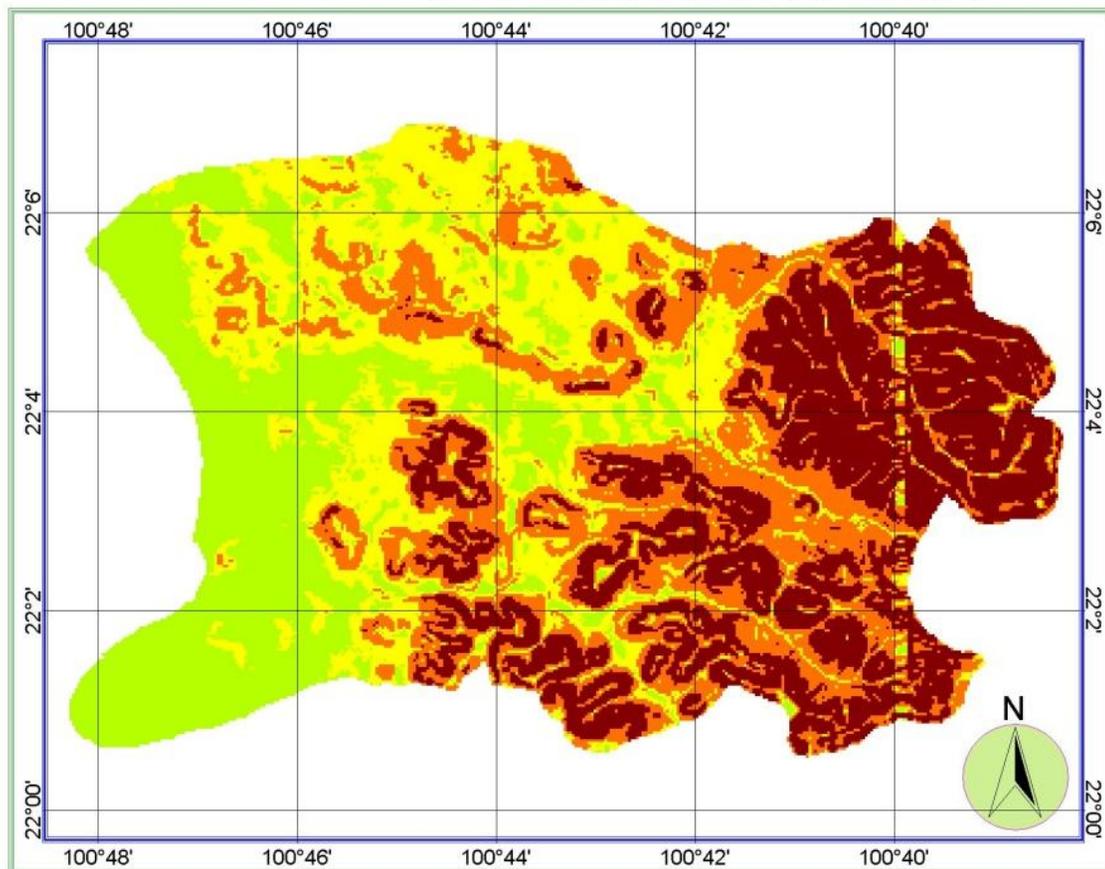
El riesgo de erosión o erosión potencial se define como el efecto combinado de los factores causales de la erosión (lluvia, escurrimiento, suelo y topografía), es aquella que representa la fragilidad de los suelos y el grado al que puedan llegar a ser erosionados. Se puede estimar con modelos empíricos de predicción, como la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) la cual fue desarrollada para predecir pérdidas de suelo promedio anual por hectárea, debidas a erosión laminar y en canalillos, en áreas agrícolas.

La erosión potencial predominante es la de clase muy alta con riesgo de pérdida de suelo mayor de 200 ton/ha/año, el cual representa el 27.22% de las superficie (3811.42 ha de la superficie de la microcuenca), en segundo lugar sigue la clase de erosión moderada con un riesgo de erosión de 10-50 ton/ha/año con una superficie de 3525.88 ha (25.18%), le sigue la erosión alta con un riesgo de erosión de 50-200 ton/ha/año (3389.44 ha) y finalmente la clase de erosión ligera con un riesgo de erosión de 1-10 ton/ha con una superficie de 3274.5 ha que equivale a 23.38% (Cuadro 14)

Cuadro 14. Clase de erosión potencial en la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Clase de Erosión	Superficie (ha)	Superficie %
Ligera(0-10 ton/ha)	3274,50	23.38%
Moderada(10-50 ton/ha)	3525,88	25.18%
Alta(50-200 ton/ha)	3389,44	24.20%
Muy Alta (>200)	3811,42	27.22%

GARROCHITAS-PANALILLO I



1 0 1 2 Kilometros



EROSION POTENCIAL

Figura 7. Erosión potencial en la microcuenca garrochitas panalillo I (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, realizada en INIFAP, 2007).

Erosión Actual

El problema de la erosión actual se presenta por que muchas de las actividades dentro de la microcuenca solo se remiten al uso de los recursos naturales que posee. Sin embargo 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 efectos negativos se ven reflejados en la pérdida del suelo.

Para estimar la erosión actual fue necesario determinar la protección del suelo que ofrece la cubierta vegetal actual; de tal forma que a los índices de los factores (RKLS) se agrega el índice del factor correspondiente al tipo y porcentaje de la cobertura vegetal (C) en la microcuenca.

En la figura se presenta la distribución del grado de erosión actual que presenta la microcuenca, la erosión que mas predomina es la ligera con un riesgo de pérdida de suelo de 0-10 t/ha/año, en segundo lugar la erosión alta (50-200 ton/ha) esto debido a que la cuenca cuenta con terrenos con pendiente mayor a 20% debido a que se encuentra en una zona montañosa, y finalmente la erosión moderada con un riesgo de pérdida del suelo de 10-50 ton/ha, siendo esta la de mayor importancia.

GARROCHITAS PANALILLO I

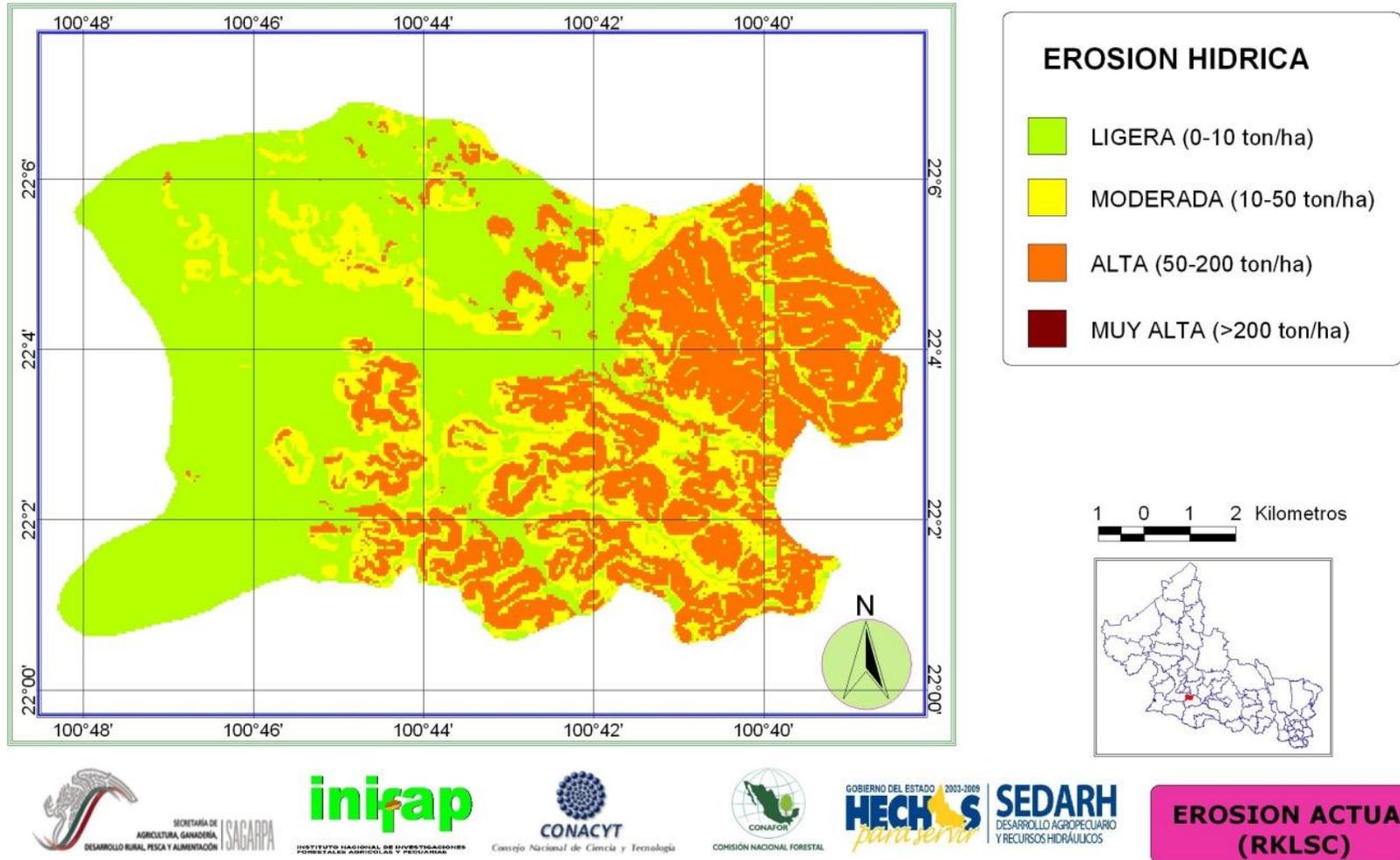


Figura 8. Erosión actual en la microcuenca Garrochitas panalillo I (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, realizada en INIFAP, 2007).

Erosión con Prácticas de Manejo de la Vegetación y Prácticas Mecánicas

Erosión con prácticas vegetativas

La erosión solo puede combatirse adecuadamente si cada hectárea se trata de acuerdo con sus necesidades y sus propias adaptaciones. Las diferentes técnicas de conservación pueden describirse agrupándolas como prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas.

Las prácticas vegetativas consideran el desarrollo de plantas o cultivos, o el manejo de la vegetación natural, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo. Estas prácticas consisten en establecer y/o mantener el terreno cubierto con vegetación lo más densa y durante el mayor tiempo posible. El manejo del suelo se relaciona con las formas de prepararlo para favorecer el desarrollo vegetal y con la mejora de su estructura para que sea más resistente a la erosión. La acción de la vegetación en el control de la erosión actúa en dos frentes; por un lado el follaje reduce la energía de impacto de las gotas de lluvia, y por el otro las raíces, tallos herbáceos y residuos sobre el terreno impiden o reducen el arrastre del suelo causado por el escurrimiento superficial y/o viento.

En la figura 9 y se observa que la erosión actual y potencial se van reduciendo 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 es $RKLS C_1$, 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 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 donde 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.

GARROCHITAS PANALILLO I

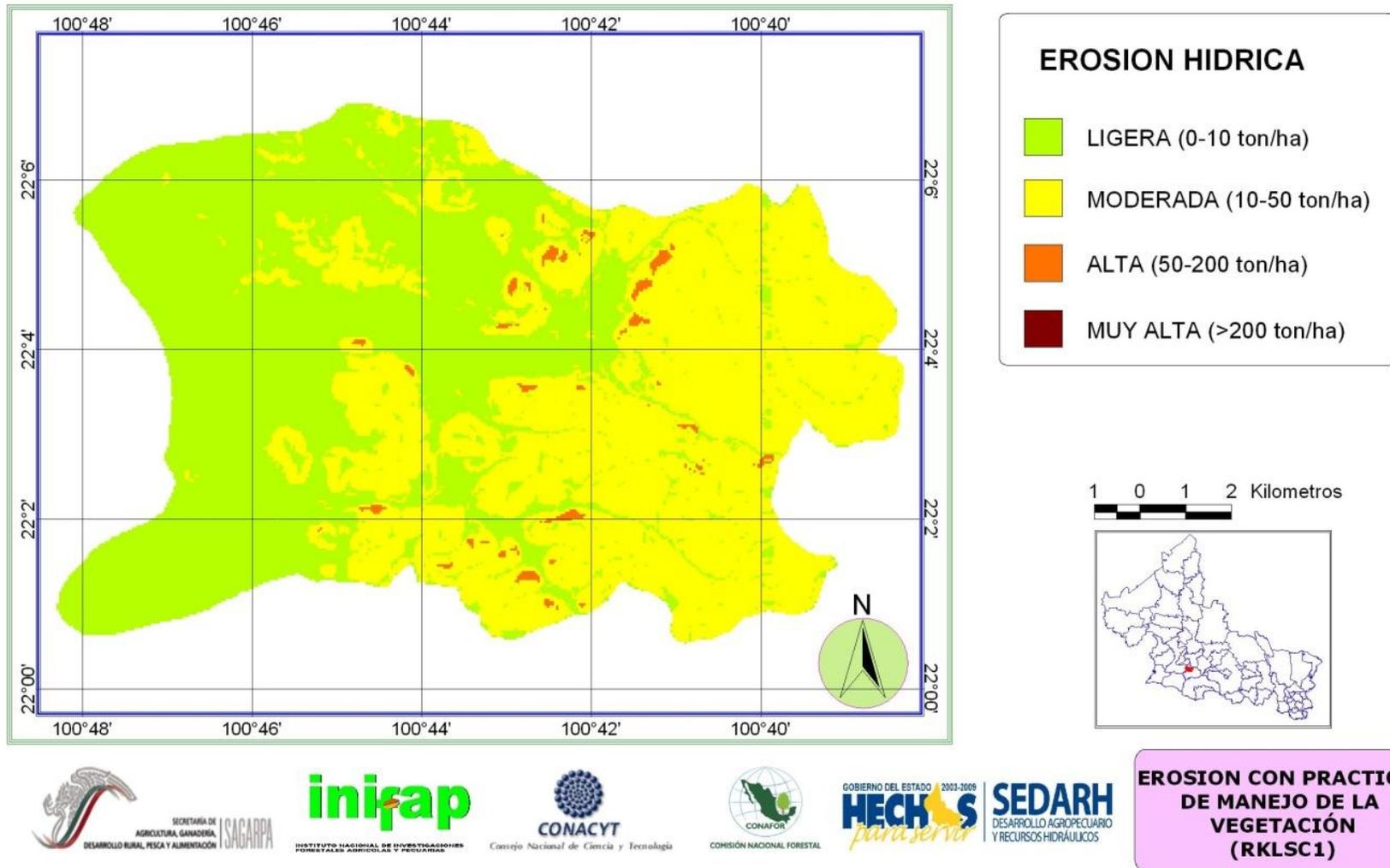


Figura 9. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación en la microcuenca Garrochitas Panalillo I (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, realizada en INIFAP, 2007)

Las prácticas agronómicas y vegetativas más recomendadas para la microcuenca Garrochitas panalillo I 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 tupido (avena, cebada, trigo) después de uno de surco. Una rotación de cultivos debe programarse con base en condiciones ecológicas es importante que: a) el ciclo de la rotación debe ser mayor cuando el riesgo de erosión es mayor, b) las especies utilizadas deben estar adaptadas a la región. A su vez, sobre las condiciones socioeconómicas, siempre será importante tener en cuenta las circunstancias particulares del usuario de la tierra.

Cultivos de cobertera: Es el establecimiento de cultivos después de la cosecha de 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. Prácticamente cualquier especie vegetal que forme una buena cubierta de follaje sobre el terreno puede usarse como cultivo de cobertera (pastos, leguminosas, cereales de grano pequeño); sin embargo de debe de procurar seleccionar especies perennes, de hábitos rastreros, crecimiento rápido y follaje denso, adaptadas a las condiciones ecológicas locales, y que compitan lo menos posible con el cultivo principal.

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. Con la práctica de abonos verdes se pretende, entre otros aspectos: a) agregar materia orgánica al suelo (10-18 Ton/ha/año); b) mantener y mejorar su fertilidad, c) aumentar la capacidad de retención de la humedad, d) disminuir los escurrimientos superficiales, y e) reducir la erosión, para lograr esto se deben utilizar los cultivos que reúnan las mejores características para ello, de preferencia que sean leguminosas, con desarrollo foliar vigoroso y de tamaño adecuado para su incorporación con maquinaria.

Reforestación: Reforestar es establecer vegetación arbórea en terrenos con aptitud forestal. Consiste en plantar árboles donde ya no existen o quedan pocos; así como su cuidado para que se desarrollen adecuadamente. Se recomienda la reforestación de zonas

boscosas con encino, así como la reforestación con maguey, nopal, gramíneas nativas, Mezquite y Huizache en la zona baja y media.

Sistemas agroforestales: sistemas de producción que involucran en el mismo terreno, árboles y arbustos, cultivos anuales y/o ganado. Los árboles ayudan a mantener la fertilidad del suelo mediante el aumento de materia orgánica y la fijación de nitrógeno. Mejoran la estructura del suelo y ayudan a mantener altas velocidades de infiltración incrementando la capacidad de retención del agua. Como resultado la escorrentía disminuye y la erosión se controla más fácilmente. Los árboles atraen, también, al agricultor cuando proporciona productos adicionales, como madera, frutos y alimentos para el ganado.

Agricultura de conservación: la agricultura de conservación consiste en diversas prácticas agronómicas que permiten un manejo del suelo agrícola alterando lo menos posible su composición, estructura y biodiversidad, y evitando también su erosión y degradación. Esta nueva agricultura incluye diversas modalidades tales como la siembra directa (no laboreo), el mínimo laboreo (reducido, en donde no se incorporan o sólo en muy breves periodos, los residuos de cosecha), y el establecimiento de cubiertas vegetales entre sucesivos cultivos anuales o entre hileras de árboles en plantaciones de cultivos leñosos. En términos generales, con las técnicas conservacionistas el suelo queda protegido de la erosión y escorrentía, se aumenta la formación natural de los agregados del suelo, la materia orgánica y la fertilidad, y a su vez se disminuye la compactación debido al tránsito de la maquinaria agrícola. Además, tiene lugar una menor contaminación de las aguas superficiales, se reducen las emisiones de CO² a la atmósfera y se aumenta la biodiversidad. Otro factor importante de la agricultura de conservación es su mayor rentabilidad económica en comparación con la convencional. En ésta el laboreo del suelo requiere elevadas inversiones en adquisición y mantenimiento de maquinaria agrícola, combustible y mano de obra (Loredo, 2005).

Entre las bondades de la Agricultura de la Conservación son: mejora la textura y estructura del terreno, favorece la filtración del agua y retiene la humedad, genera ahorro de agua durante el riego, mejora las propiedades químicas y biológicas del suelo, aumenta el nivel de materia orgánica, reduce la erosión, disminuye el uso de maquinaria

agrícola, ahorra combustible, mano de obra, hay menos emisiones contaminantes y menor compactación del suelo, asociada al exceso de pases de maquinaria.

Se puede realizar una prevención de la erosión con prácticas agronómicas. Las prácticas agronómicas para el control de la erosión se refieren a las actividades del 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 alguna 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 suelo poco profundos.

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 el 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 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 de 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 de una buena opción para productores del Altiplano Potosino (Martínez, citado por Loredo, 2005), 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 pedidas 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; contrariamente a lo que sucede con las labores ordinarias de arado, esto permite que la mayor parte de los residuos vegetativos queden sobre el terreno constituyendo una cubierta protectora eficiente. Este método es muy adaptable a suelo 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 la mayor parte de las tierras donde se tiene riesgo a la erosión alto y moderado no son agrícolas, sino que se destinan al pastoreo, las prácticas agronómicas y específicamente el manejo de la cobertura corresponden a la aplicación de un buen sistema de pastoreo con rotación efectiva de potreros y respeto a la capacidad de carga animal (Beltrán *et al.*, 2005), lo importante es mantener y mejorar la cobertura vegetal y aplicar sistemas de pastoreo con un manejo rotacional eficiente.

El mismo autor señala que se requiere la rehabilitación en aquellos sitios donde la condición de agostadero es muy pobre (con menos de 15% de plantas deseables) es necesario recurrir a técnicas de rehabilitación de pastizales 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 cuenta con todas las ventajas que les da su condición de nativas, la selección debe cumplir las siguientes características:

- ❖ Adaptada al sitio
- ❖ Tolerante a la sequia
- ❖ Con productividad alta
- ❖ Valor nutritivo alto
- ❖ De fácil establecimiento

- ❖ Agresiva (no invasora)
- ❖ Resistente al pastoreo
- ❖ Buena aceptabilidad para el ganado

Algunas de las especies recomendadas para la rehabilitación de agostaderos se encuentran en el cuadro 15.

Cuadro 15. Principales especies recomendadas para la rehabilitación de agostaderos de zonas áridas y semiáridas.

Tipo	Origen	Nombre Común	Nombre Científico
Gramínea	Nativa	Banderilla	<i>Bouteloa curtipendula</i>
Gramínea	Nativa	Navajita	<i>Bouteloa gracilis</i>
Gramínea	Nativa	Gigante	<i>Leptochloa dubia</i>
Gramínea	Nativa	Tempranero	<i>Setaria</i> <i>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>Eysenharia</i> <i>polystachya</i>
Arbustiva	Nativa	Mariola	<i>Parthenium incanum</i>
Arbustiva	Introducida	Numularia	<i>Atriplex nummularia</i>
Arbustiva	Introducida	Leucaena	<i>Leucaena</i> <i>leucocephala</i>
Arbórea	Introducida	Morera	<i>Morus alba</i>
Arbórea	Nativa	Mezquite	<i>Prosopis sp</i>

En aquellas áreas no es posible la recuperación a corto plazo debido a lo abrupto del terreno pero que son sitios de pastoreo, las acciones de rehabilitación se deben realizar paulatinamente a través del establecimiento de prácticas de conservación de suelo y agua. Para recuperar este tipo de sitios, se recomienda recurrir a prácticas mecánicas tales como las tinajas ciegas y las terrazas de formación paulatina (bordos a nivel), con el establecimiento de aguas arriba del bordo de arbustivas forrajeras, maguey y nopal. 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 acarren los escurrimientos (Beltrán, et al., 2005).

Erosión con prácticas mecánicas y de conservación de suelos

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. Las cubiertas vegetales son más eficientes para reducir las pérdidas del suelo, sin embargo se considera conveniente una combinación de ellas con prácticas mecánicas para reducir las pérdidas del suelo debajo de los límites permisibles de erosión.

Los métodos mecánicos o físicos, frecuentemente relacionados con aspectos de ingeniería, incluyen desde la modificación de la topografía. Las medidas agronómicas, combinadas con un buen manejo del suelo pueden influir sobre las fases de desprendimientos y transporte, mientras que los métodos mecánicos son efectivos para controlar la fase de transporte pero tienen escasa actuación en la fase de desprendimiento (Morgan, 1997).

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 (Loredo *et al.*, 2005).

Los principales objetivos de las prácticas mecánicas de conservación de suelos son:

- ❖ Reducir la erosión hídrica;
- ❖ Reducir la magnitud y la velocidad de los escurrimientos superficiales;
- ❖ Favorecer la infiltración, e incrementar con ello la humedad disponible;
- ❖ Desalojar los excedentes de agua a velocidades no erosivas;
- ❖ Reducir la carga de sedimentos de los escurrimientos superficiales.

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 de la microcuenca. Para el diseño de las terrazas de formación paulatina, individuales o de banco, canales de desvío y otras estructurales 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.

Cuando ya se tienen caracterizadas las condiciones de la microcuenca 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.

Es importante considerar que las normas para el manejo eficiente del suelo de acuerdo a su capacidad de uso, se determinan tomando en cuenta la clasificación de uso potencial. Una de las bases para la selección de las prácticas de manejo a seguir debe ser el bajo costo de las obras y las experiencias locales que se tienen en conservación del suelo. Todos ellos a fin de obtener un plano de diseño de obras donde se integren prácticas mecánicas, prácticas agronómicas y prácticas vegetativas.

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 identifica 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 con las tinas ciegas o zanjas trincheras.

Surcado al contorno

Consiste en realizar el trazo de los surcos y el laboreo del cultivo en forma perpendicular a la pendiente natural del terreno. Es una práctica con un nivel bajo de inversión inicial. Es recomendable en terrenos con pendientes mayores del 3% y menores de 6%. Cuando la pendiente es mayor es necesario complementarla con otras prácticas mecánicas como las terrazas de formación paulatina. En cuanto a eficiencia se ha evaluado que permite reducir la erosión en 12%. El procedimiento para la localización y trazo del surcado al contorno es el siguiente:

- ❖ En el área de trabajo se localiza la línea de pendiente máxima y se marca con una estaca su punto medio
- ❖ A partir del punto señalado con la estaca inicial se marca la línea guía o curva de nivel por medio de estacas separadas de 15 a 20 metros.
- ❖ Posteriormente se trazan los surcos paralelos a la línea guía, hacia arriba y hacia abajo hasta cubrir toda el área.
- ❖ En el caso de terrenos poco uniformes deben marcarse dos o más líneas guías de acuerdo al procedimiento descrito.

El surcado al contorno es recomendable para terrenos agrícolas, sin embargo, se puede realizar también, cuando se va a efectuar una resiembra de pastos en tierras con más de 3% de pendiente a fin de promover la infiltración del agua de lluvia y evitar la pérdida de la semilla con el escurrimiento superficial.

Terrazas de formación sucesiva

Esta práctica es también conocida como terrazas de base angosta o terrazas de formación paulatina, se encuentran en el grupo de prácticas de nivel medio de inversión inicial. 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; o bien modificándose para hacerlas paralelas entre sí de acuerdo al procedimiento de

construcción que recomienda el Colegio de Postgraduados; de esta forma se evita la formación de cornejales y se facilita las labores agrícolas.

Las terrazas de formación sucesiva, son útiles hasta el 15% de pendiente y reducen la erosión en 30%. 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 este 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 bordes para su establecimiento

La selección del diseño para las terrazas se hace en función del clima y de aspectos operativos y de eficiencia. Para el cálculo del intervalo vertical (IV) entre terrazas se puede utilizar el sistema de espaciamentos propuesto por el colegio de Postgraduados, mediante la siguiente fórmula:

$$IV = ap + b$$

Donde:

IV = Intervalo vertical

a = Variable que está en función de la precipitación (este valor se obtiene del plano para la constante “a” del Manual de Conservación del Suelo y Agua del CP, 1977). Para la zona del Altiplano potosino, toma valores de 0.20 a 0.25

p = pendiente media del terreno.

b = variable que depende de la erosionabilidad del suelo métodos de cultivo y prácticas de manejo

Con el valor de IV se procede a calcular el IH (intervalo horizontal), cuyo valor representa la distancia entre terrazas sobre el terreno. El IH se obtiene con la siguiente ecuación.

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

Donde:

IH = intervalo horizontal

IV = intervalo vertical

P = pendiente media del terreno

Posteriormente se determina la capacidad de almacenamiento de la terraza en litros por metro lineal en base al escurrimiento esperado con la siguiente fórmula:

$$A = E \times Fe \times 10$$

Siendo $Fe = CL$

En donde:

A = Volumen de almacenamiento de las terrazas (L/m)

E = Espaciamiento entre terrazas (m).

Fe = Factor de escurrimiento

C = Coeficiente de escurrimiento (se estima a partir del cuadro 4)

L = Lluvia máx. En 24 horas (cm)

10 = factor de ajuste de unidades

A partir de este valor se seleccionan las dimensiones del bordo y zona de préstamo, que se debe utilizar en la construcción de las terrazas, de tal manera que se evite su desbordamiento y ruptura.

El procedimiento para la construcción de las terrazas de formación sucesiva es la siguiente:

1. Se hace un levantamiento topográfico del terreno con las curvas a nivel de acuerdo al intervalo horizontal calculado. En el gabinete se ajustan las curvas para hacer las terrazas paralelas entre sí.
2. De acuerdo al plano de curvas a nivel ya ajustadas, éstas se marcan en el campo con cal o con estacas.
3. Se procede al levantamiento del bordo con maquinaria. Esto consiste en la remoción del suelo sobre la curva a nivel ya corregida con arado de discos o con bordero, formando un bordo con una altura de 50 cm. El material del préstamo se toma aguas arriba y aguas abajo con una base de 1.20 cm.
4. Afinado de la terraza: consiste en la conformación y semicompactación del bordo para darle forma trapezoidal respetando las alturas de los diseños calculados. Generalmente se le dan 15 cm de corona a los bordes; el afinado de la terraza se hace con mano de obra.

Cuando se carece de equipo topográfico para realizar los cálculos, las terrazas se pueden trazar con un nivel de manguera, marcado con estacas en el terreno, puntos de igual nivel. En esas condiciones, la distribución recomendable de los bordos en una hectárea es de cuatro, es decir un espaciamiento de 25 m entre bordos. Sin embargo, en un suelo que tenga buena capacidad de infiltración y donde la pendiente sea uniforme, este espaciamiento se puede ampliar a hasta 50 m.

En caso de que el terreno donde se vayan a construir las terrazas presente arroyuelos y cárcavas, es importante complementar a las terrazas con obras como el cabeceo o protección de la zona donde se inicia la formación de la cárcava y la construcción de presas filtrantes para el control de azolves, así como la revegetación de los taludes para reducir el desprendimiento del suelo.

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 agua debajo de la tina. Esta práctica se realiza generalmente con mano de obra. El sistema recomendado para la ubicación de las tinas, es el tresbolillo, para favorecer la captación de la mayor parte del escurrimiento generado en el terreno.

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

- ❖ La recarga de manto 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 de planicie.
- ❖ En las zonas de bosque, pueden ser usadas para la siembra de arbolitos en las reforestaciones.

Especificaciones de construcción

Loredo en 1986 presentó las dimensiones recomendadas para la construcción de tina 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 10)

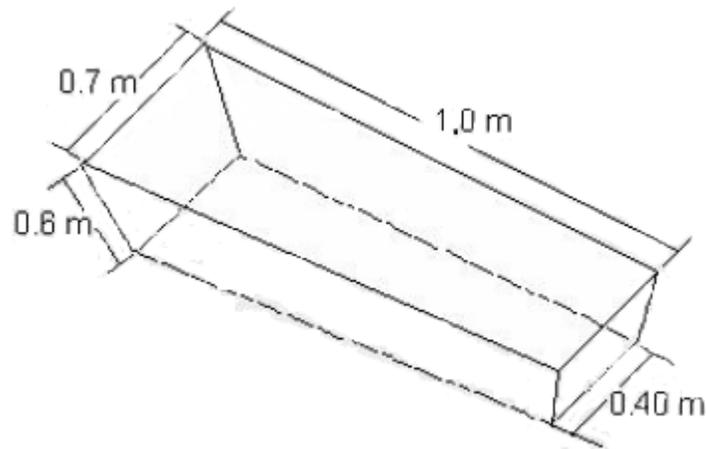


Figura 10. Croquis de una tina ciega. Fuente: Loredo, 1986.

De acuerdo con 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. La CONAFOR establece las dimensiones para las tinas ciegas de 4m de ancho, 4m de profundidad, 2m de longitud, trazadas a tres bolillo y separadas con tabique divisor de 2m de largo, el volumen de excavación de cada zanja será de 0.32 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.

Para mejorar el control del escurrimiento se puede proyectar un dren interceptor el cuál; es un canal colector de agua broncas para su encausamiento a velocidades no erosivas hacia zonas acondicionadas para su desalojo, o bien, para su conducción a bordos de almacenamiento. Esta obra se construye en pendiente que varían del 10 al 15% y se ubica en la parte superior al lugar 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 11 se puede observar que aplicando las prácticas vegetativas y mecánicas que se recomiendan pueden disminuir considerablemente los problemas de erosión que se tenían en la microcuenca. La erosión alta (50-200 t/ha/año) desapareció completamente, dejando terrenos 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.

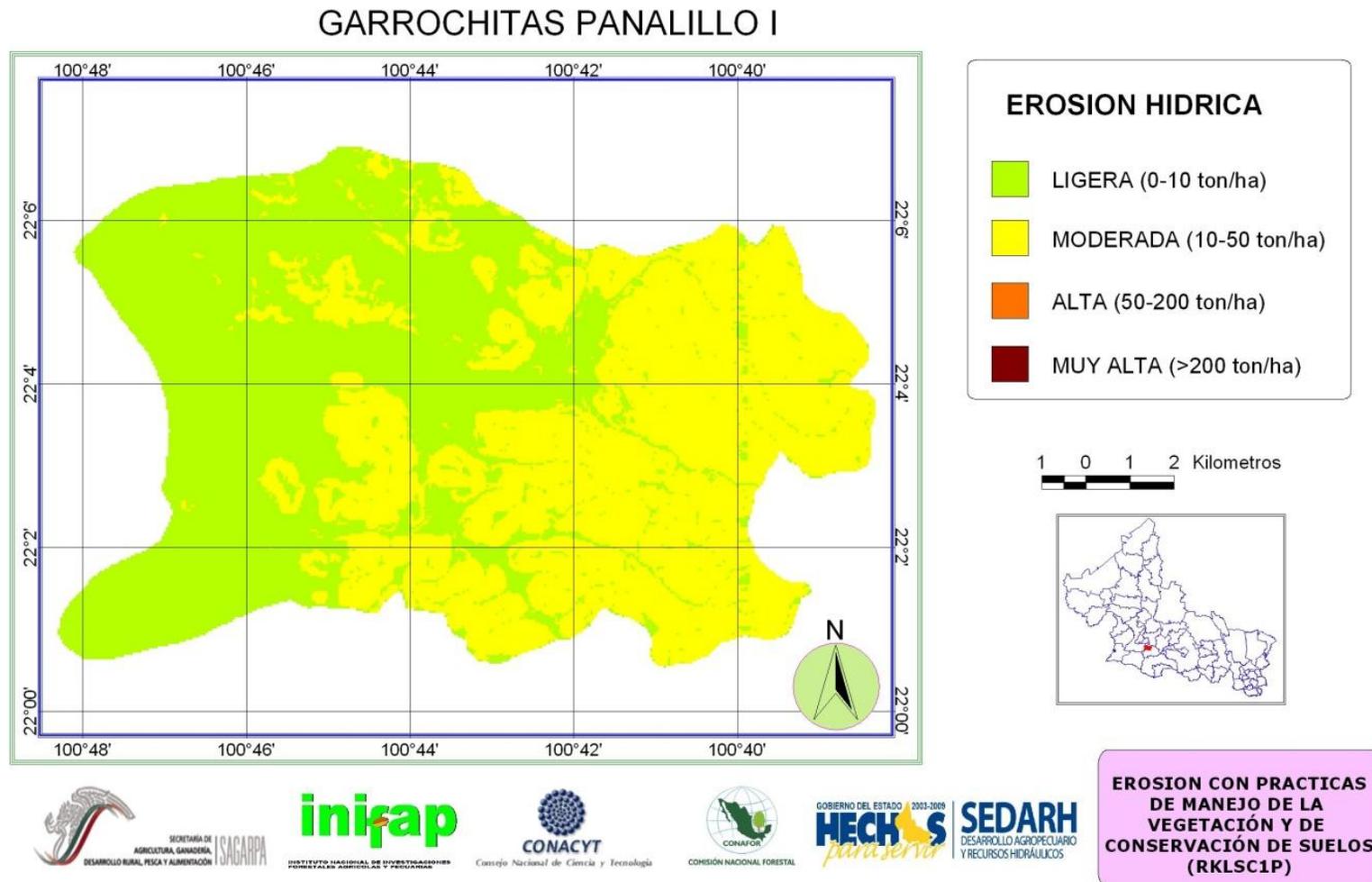


Figura 11. Erosión con prácticas de manejo de la vegetación y de conservación de suelos en la microcuenca Garrochitas Panalillo I. (Fuente: Digitalización de las cartas F14A84 y F14A85 uso potencial del suelo 1:50 000 INEGI, realizada en INIFAP, 2007).

Recomendaciones para el Manejo de Pastizales

Los productores de la microcuenca Garrochitas Panalillo I, se dedican a la ganadería como actividad complementaria, contando con una superficie aproximada de 2061.55ha de pastizales en mal estado y asociaciones especiales de vegetación. Las actividades pecuarias, están enfocadas hacia la explotación de especies ganaderas como son los bovinos (genotipo criollos), ovinos (encastados de rambouillet) 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 10, 098 caprinos, 2, 452 bovinos, 470 ovinos y 562 porcinos (FIRCO, 2007).

Según la Secretaria 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 I 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 las planicie occidental y serranías meridionales donde ocupa parte de los municipios de Ramos, Aqualulco, Moctezuma, San Luis Potosí, Villa de Arriaga, Villa de Reyes, Mexquitic de Carmona, Santa María del Río, Tierra Nueva, Zaragoza, Soledad Diez Gutiérrez, 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 acuculiesclerofilo bosque esclerófilo, bosque caducifolio espinoso de mezquite, matorral esclerófilo, matorral alto espinoso, matorral crasirosulifolio espinoso, matorral alto subnerme 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 12.6 ha/UA. Se tiene un inventario ganadero a nivel municipio el cual se elaboró por SEDESORE.

Cuadro 16.- Principales especies ganaderas en la Microcuenca garrochitas panalillo 1.

ESPECIES	NUMERO DE CABEZAS.
CAPRINOS	10,098
BOVINOS	2,452
OVINOS	470
PORCINOS	562
INDICE DE AGOSTADERO	12.6 HA. /U.A..

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. La crianza de caprinos y ovinos es se encuentra limitada por el sobrepastoreo por la excesiva carga animal en el agostadero.

Frecuentemente, el sobrepastoreo es un efecto en la falta de experiencia por parte del manejador de pastizales y por consecuencia de capacidad para juzgar la potencialidad del pastizal, por lo que se ha hecho necesario el desarrollo y la utilización de procedimientos específicos para inventariar los recursos forrajeros, con el fin de determinar los niveles apropiados y seguros del uso del pastizal, lo cual se conoce con el termino de capacidad de pastoreo. En los agostaderos de la microcuenca es necesario realizar un ajuste de la carga animal. La carga animal es un término que se refiere al número de animales que pueden pastorear en un potrero por un periodo de tiempo dado. 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).

Stoddart *et al.* (1975) la define como el número máximo de animales que pueden pastorear un área dada, por un número específico de días, sin provocar una tendencia negativa a la producción de forraje, calidad del mismo o a la calidad del suelo.

Para lograr esto es necesario lograr el equilibrio entre el número de animales pastoreando 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, mismo que ya no pueden satisfacer sus requerimientos alimenticios por la competencia generada por el exceso de ganado (sobrepastoreo); a partir de este punto si continua el número de animales por hectárea, la ganancia disminuirá nula o casi nula. El ajuste se realizara a través del coeficiente de agostadero recomendado por la COTECOCA (12.6 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: $2061.55 \text{ ha} / 12.6 = 163 \text{ UA/año}$ que es equivalente a 163 vacas de 450 kg con becerro. La unidad Animal tiene equivalencias para las diferentes especies animales como se muestra en el cuadro 16.

Cuadro 17. 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

Fuente: Huss y Aguirre (1979).

Por lo tanto las 163 UA/año que puede soportar el terreno de pastizal de la microcuenca con equivalentes a 815 ovejas con su cría al pie o 815 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.

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 as áreas de castigo, como ocurre con la concentración del ganado cerca de los aguajes (Beltrán *et al.*, 2005).

Dentro de los sistemas de pastoreo, el más recomendado es el pastoreo rotacional el cual implica la programación y uso de los recursos del pastizal a través del ganado por un periodo de tiempo predeterminado, alternando con períodos de recuperación, en los cuales el ganado no consume a las plantas y éstas tienen oportunidad de volver a desarrollarse.

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 capacidad de carga animal, sin embargo la cantidad en un rancho permanece más o menos estable. Esto obliga a compensar las distintas CCA con diferentes tiempos de pastoreo. De esta forma, los potreros con menor CCA deberán ser pastoreados por periodos más cortos. Haciendo los cálculos podemos encontrar la carga animal por potrero y por el periodo de tiempo de pastoreo en cada uno de ellos (Cuadro 18).

Cuadro 18. Calculo de los días de pastoreo en 5 potreros para la microcuenca Garrochitas Panalillo I.

Potrero	Superficie (ha)	Carga Animal (UA/año)	Carga animal/104	Año X365	Días pastoreando
1	412.31	10	0.09615385	35.0961538	35
2	412.31	15	0.14423077	52.6442308	53
3	412.31	20	0.19230769	70.1923077	70
4	412.31	26	0.25	91.25	91
5	412.31	33	0.31730769	115.817308	116
Total	2061.55	104	1	365	365

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 abreve 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 el vital liquido 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 perdidas de peso del ganado por el gasto de energía utilizado en llegar a la fuente de agua.

La suplementación del ganado se da cuando la producción de forraje en el agostadero no se mantiene uniforme durante todo el año debido a las condiciones climáticas propias de las zonas áridas (heladas y periodos largos de sequia), 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 sirva de apoyo durante las épocas críticas de escasas forrajeras. Existen varias maneras de cubrir los requerimientos del ganado durante este período crítico:

- ❖ Compra de forraje
- ❖ Producción de forrajes de corte en riego
- ❖ Producción de forrajes de corte temporal
- ❖ Utilización de esquilmos agrícolas
- ❖ Utilización de recursos naturales del 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 promover 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.

Prácticas de resiembra. El restablecimiento de la vegetación en los pastizales no puede ser aplicado indistintamente en cualquier sitio, por ello se requiere un diagnóstico previo particular de predio. La modificación de la cobertura vegetal a través del restablecimiento de la vegetación, mediante prácticas de conservación de suelo y agua, incrementan la infiltración del agua en el suelo y por lo tanto se incrementa la productividad de sitios del pastizal.

La resiembra de gramíneas y el establecimiento de arbustos forrajeros constituyen en algunos sitios la única opción viable para el restablecimiento de la productividad, aunque implican un alto riesgo y son prácticas costosas. Por eso deben considerarse como la última opción para rehabilitar un sitio de pastizal. Sin embargo cuando se llevan a cabo con éxito, pueden incrementar la producción de forraje en más de 100% lo cual justifica su aplicación.

Antes de iniciar cualquier programa para el manejo de pastizales es recomendable realizar un diagnóstico particular del predio, que incluye realizar un ajuste de la carga animal del predio y sobretodo hablar con los productores y presentarles los beneficios que esto representa para ellos tanto a corto como a largo plazo, dándoles todos los datos resumidos, entendibles y lo más sencillo que se pueda, adaptando paulatinamente el número de UA/año que soporte el agostadero, para causar el menor impacto posible. Llevar a cabo un plan de manejo para eliminar especies improductivas, planificar un plan de pastoreo rotacional, la suplementación adecuada, distribución del agua, eliminar las plantas indeseables y tóxicas y en caso de ser necesario y en última instancia realizar una rehabilitación del pastizal.

DISCUSIÓN

Después de una descripción detallada de la cuenca Garrochitas Panalillo I del municipio de Zaragoza, San Luis potosí, Nos damos cuenta de los problemas que tiene esta microcuenca, siendo los principales la pérdida parcial o total del suelo, el cual debido al mal uso y la falta de vegetación, se han intensificado. La falta de un buen manejo del suelo así como de prácticas de manejo han afectado considerablemente el área de nuestra microcuenca.

Los hombres económicamente activos representan el 24.14% del total de los habitantes de la microcuenca. Las prácticas de manejo y cuidado de los agostaderos, pueden presentar una buena solución al problema del desempleo de la zona, ya que se necesita mano de obra para las diversas prácticas mecánicas (surcado, terrazas, tinas ciegas), Prácticas de manejo (reforestación) Prácticas agronómicas y vegetativas (rotación de cultivos, cobertura vegetal) las cuales pueden ser a corto o mediano plazo, esta es una gran oportunidad para generar empleos y por lo tanto mejorar los ingresos de las familias.

De acuerdo a las condiciones climáticas y fisiográficas de la microcuenca se debe de buscar los cultivos que se adapten a la zona y en este caso a una temperatura de 14.9 y una precipitación de 327.5 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 cultivos no serán exitosos.

En la fisiografía de la microcuenca las partes más elevadas se encuentran en la región sur este de la cuenca, esta se caracteriza por sus superficie abrupta y montañosa, llegando a tener un altitud de 2360 msnm, siendo las partes más altas las más afectadas por la erosión, las clases de uso de suelo en el sureste son de clase VIII a la clase VII, el centro de la microcuenca cuenta con clase IV a la clase VI, y la parte oeste de la cuenca tiene clase IV tomando en cuenta la ecuación universal con sus diferentes modelos como; la erosión actual $E=RKLS$, predicción de pérdida de suelo (sin cobertura vegetal ni prácticas de manejo), $E= RKLS$, con cobertura vegetal adecuada, $E= RKLSC$, con cobertura vegetal y prácticas mecánicas y $E= RKLSCP$ entre las cuales se aprecia una diferencia de forma cualitativa. Se recomiendan las prácticas de conservación y las de

manejo, entre las que se encuentran las prácticas agronómicas y vegetativas y las prácticas mecánicas para controlar la erosión hídrica que es la que más afecta en estos terrenos. Existe una diferencia entre las cartografías con prácticas de manejo de la vegetación E= RKLSC1 y la cartografía de cobertura vegetal y prácticas mecánicas E= RKLSCP esta última mejora las condiciones del sitio y elimina por completo la erosión Alta (50-200 Ton/ha) y muy Alta (>200 Ton/ha), dejando solo la erosión ligera (0-10 Ton/ha) y Moderada (10-50 Ton/ha) esto se debe a que la cobertura vegetal es un factor muy importante para frenar la erosión en la zona, y junto con las prácticas mecánicas se crea un método efectivo para el control de la erosión.

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

Clase IV, con una superficie de 21.52% del total de la microcuenca. Las tierras de esta clase presentan fuertes limitaciones por suelo y clima, para las cuales se recomienda seleccionar los cultivos a establecer de acuerdo a los requerimientos que ofrece la zona, implementar labranza de conservación para evitar una mayor deterioro del terreno y llevar a cabo otras prácticas vegetativas como la rotación de cultivos, incorporación de materia orgánica y cultivos en contorno, así como la fertilización química anual con la finalidad de mejorar las características del suelo y obtener mayores rendimientos. Debido a que la mayoría de los productores combinan actividades agrícolas y ganaderas se recomienda que estas tierras se dediquen a la producción de forrajes mediante reconversión productiva.

Clase V, con una superficie de 18.23% del total de la microcuenca. Las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural. Son terrenos con pendientes que van de moderadas a fuertes (20-35%) y que ofrecen muy escasa resistencia a la erosión causada por el agua; son suelos poco profundos (15-25 cm), con excesiva pedregosidad y que presentan altas concentraciones de sales (más de 16 mmhos) y sodio (> 30 PSI).

Clase VI, con una superficie de 10.58% de la superficie de la microcuenca. Son tierras que no reúnen las condiciones requeridas para sostener cultivos anuales o permanentes, pero que permiten su uso continuado en pastoreo de moderado a bajo

rendimiento sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra. Son terrenos aptos para la actividad pecuaria ya que presentan fuertes limitaciones para la agricultura principalmente por el suelo, en esta área se recomienda la delimitación de potreros con la finalidad de ajustar la carga animal a una capacidad aceptable para que de esa forma se diseñe un sistema de rotación de potreros para mejorar las condiciones de la zona y permitir la resiembra natural de gramíneas por medio del pisoteo del ganado.

Clase VII, con una superficie de 16.02% del total de la microcuenca. Son tierras que no reúnen las condiciones mínimas para clasificarse como aptas para cultivos en limpio, permanentes o pastoreo, pero que sí presentan condiciones favorables para el establecimiento de especies de porte arbóreo que mantengan una cobertura vegetal protectora sin remoción del suelo y sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra. Estos terrenos tienen serias limitaciones por el suelo principalmente, por lo que se recomienda llevar a cabo una resiembra con pastos nativos de la zona en combinación con algunas prácticas mecánicas como la de bordos a nivel con la finalidad de retener mayor humedad e incrementar la cobertura y reducir el riesgo de erosión.

Clase VIII, con una superficie de 33.66% de la superficie de la microcuenca. Estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna, pero que sí permiten su uso para la producción intensiva y permanente de maderas y otros productos forestales de bosques naturales manejados técnicamente sin deterioro de la capacidad productiva de la tierra, desde el punto de vista agrológico no presenta algún uso ya que por lo general son tierras muy escabrosas por lo que son terrenos no aptos para alguna actividad económica directa del suelo, por lo que solo se pueden dedicar a la conservación de los recursos naturales (suelo, agua, flora y fauna). En esta área se recomienda llevar a cabo las obras mecánicas en conjunto con las vegetativas para el control de la erosión, una de ellas es la reforestación de zonas boscosas con encino en conjunto con tinajas ciegas para la retención de humedad, así como la reforestación con maguey, nopal y gramíneas nativas de la zona en curvas de nivel con barreras de piedra para evitar la erosión del suelo por arrastre de partículas.

La fórmula de ecuación universal de la erosión hídrica; $E = RKLS$ y en la cartografía existente se puede apreciar la dimensión del problema de erosión, por lo que se tienen que tomar medidas de control y conservación de suelos que sean necesarias para frenar

la pérdida de suelo, combinar no solo las prácticas que ya se han mencionado, si no también otras que sean favorables, así como hacer buen uso de especies vegetales benéficas que se adapten bien a la zona.

Los pobladores de la microcuenca deben integrarse a el plan de trabajo, así como sus familias, haciendo de esto una práctica familiar, convenciendo a la población acerca de estas prácticas, que permitan mejorar la calidad de vida de las personas, así como también integrar los conocimientos ancestrales que las personas aún conservan, buscar apoyos de gobiernos en lo monetario así como en asesorías, teniendo claro que el problema de la microcuenca y las posibles soluciones.

CONCLUSIONES

1. Las condiciones socioeconómicas que presenta la microcuenca “Garrochitas Panalillo I” son: la población total es de 12, 857 personas, habitando un total de 2639 viviendas, 64.56% es mayor de 15 años y el 91.14 de esta la población mayor de 15 años es alfabeta. El nivel educativo cubre hasta la preparatoria en algunas localidades de la cuenca. La alimentación de la población en general es maíz, frijol, tortilla, huevo, nopal, carne de las diferentes especies ganaderas (bovinos, ovinos y caprinos), de manera secundaria leche y sus derivados, además de que cuentan con huertos de traspatio en cual tienen aves, cerdos, cabras, vacas, etc., con fines de producción como la carne, leche y huevo. En la microcuenca 9479 personas con derechohabientes de algún servicio de salud.
2. Uso actual del suelo en la microcuenca Garrochitas Panalillo I 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 de tipo Litosol, Phaeoseon luvico, Xerosol háplico. El uso actual del suelo comprende 16.15% de la superficie de la microcuenca de uso agrícola, 14.6% ocupada por uso pecuario y 69.18% tiene Asociaciones especiales de vegetación. El principal uso potencial corresponde a las clases VIII ocupando una superficie de 4729.52 ha, correspondiente al 33,66% de la superficie total de la cuenca, le sigue la clase IV con el 21.52% de la superficie, ósea 3023.17 ha, V ocupa una superficie de 2561.75 ha cuyo porcentajes es 18.23 y le siguen las clases VII y VI con un porcentaje de 16.02 y 10.58 respectivamente. Lo que nos aclara la vocación de la microcuenca.
3. La erosión hídrica estimada en la microcuenca “Garrochitas Panalillo I” con el modelo de predicción de pérdida de suelo, teniendo como referencia a los rangos de erosión ligera (0-10 t/ha), moderada (10-50 t/ha), alta (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 identifico en 3271.50 ha, erosión moderada en 3525.88 ha, erosión alta en 3389.44 ha y erosión muy alta en 3811.42 ha, siendo la muy alta la de mayor preocupación. La predicción de erosión hídrica con prácticas de manejo de la

vegetación disminuye la superficie con erosión alta de 50-200 t/ha y aumenta la superficie de erosión ligera (0-10 t/ha) y moderada (10-50 t/ha). La predicción de erosión hídrica con prácticas de manejo de la vegetación y prácticas mecánicas determinan un rango de erosión moderada (10-50 t/ha) y ligera (0-10 t/ha).

4. Se han realizado acciones de manejo de microcuencas con apoyo de diversos Programas de Gobierno, pero se requiere mucho más trabajo.
5. Las prácticas agronómicas, vegetativas mecánicas y de conservación más recomendadas para las áreas agrícolas de la microcuenca Garrochitas Panalillo I son:
 - a) Prácticas agronómicas y vegetativas: rotación de cultivos, cultivos de cobertera, abonos verdes, sistemas agroforestales, Agricultura de conservación.
 - b) Prácticas mecánicas y de conservación de suelos: surcado al contorno, terrazas, tinas ciegas, dren interceptor, presas filtrantes.
6. Las recomendaciones para el manejo de pastizales son:
 - a) Hacer un estudio del terreno y realizar un ajuste de la carga animal, hablar con los productores y mostrarles los beneficios que este sistema les puede traer, presentarles los problemas que tienen por el mal manejo. Escoger las especies más adecuadas para la zona, como lo es el ganado bovino o realizar una división de las especies de animales que nos daría 104 UA/año que soporta el agostadero, sin embargo hay que realizar la disminución de estos paulatinamente, para evitar afectar lo máximo posible a los pobladores.
 - b) Implementar un pastoreo rotacional, determinando la superficie de agostadero y su condición, así como definiendo el número de potreros en que se dividirá el agostadero y determinando la capacidad de carga de la zona, así como de cada potrero.
 - c) Llevar a cabo las diferentes actividades para tener un sistema de pastoreo adecuado, una suplementación adecuada, distribución de agua, control de plantas indeseables y tóxicas y solo en caso de ser necesario una rehabilitación del pastizal a través de la resiembra de gramíneas que se adapten a la zona.

LITERATURA CITADA

- Becerra M. A. 1999. Escorrentía, Erosión y conservación de suelos. Universidad autónoma de Chapingo. 1a ed, pp 40-50, 137-179, 241-329.
- Beltrán-López S., J. Urrutia Morales., C. Loredó Osti. 2005. Pastoreo Rotacional en Agostaderos. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias- SAGARPA. Campo experimental San Luis, San Luis Potosí, S.L.P. México.
- CIPEJ. 1990. Curso corto de manejo de pastizales, Society for range mangement – Sección México, pp 83-94.
- Comín F.A. 2007. Restauración ecológica: teoría *versus* práctica. Departamento de Ecología, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona. España. 145 P.
- CONABIO. 2006. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad, Capital natural y bienestar social, México. pp 13-21.
- CONAFOR. 2006. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. Comisión nacional forestal. pp 1-2.
- Cortés T. H. G., 1991. Caracterización de la erosividad de la lluvia en México utilizando métodos multivariados. Tesis de maestría en ciencias. Colegio de postgraduados, Montesillo, México. 168 P.
- COTECOCA. 1974. Coeficientes de agostadero para el estado de San Luis Potosí. Departamento de Agricultura de los EE. UU. De A., 1987. Manual de Conservación de Suelos. Compilación de la obra inédita en inglés. Servicio de Lenguas extranjeras Secretaría de Estado de los Estados Unidos de America, Washington, D. C.. pp 3-5, 30-31.
- ECOPAD. 2007. Estrategia para la conservación de pastizales en el desierto chihuahuense, chihuahua, México, pp 8-11.
- FAO. 2006. World Reference Base for soil resources, World Soil information, pp 67 - 97.
- Figueroa S., B. (Comp.). 1991. Memorias del curso de conservación del suelo y agua. SARH – PROCATI – CP. Octubre. 1991. San Luis Potosí, S.L.P. México. pp 56-59

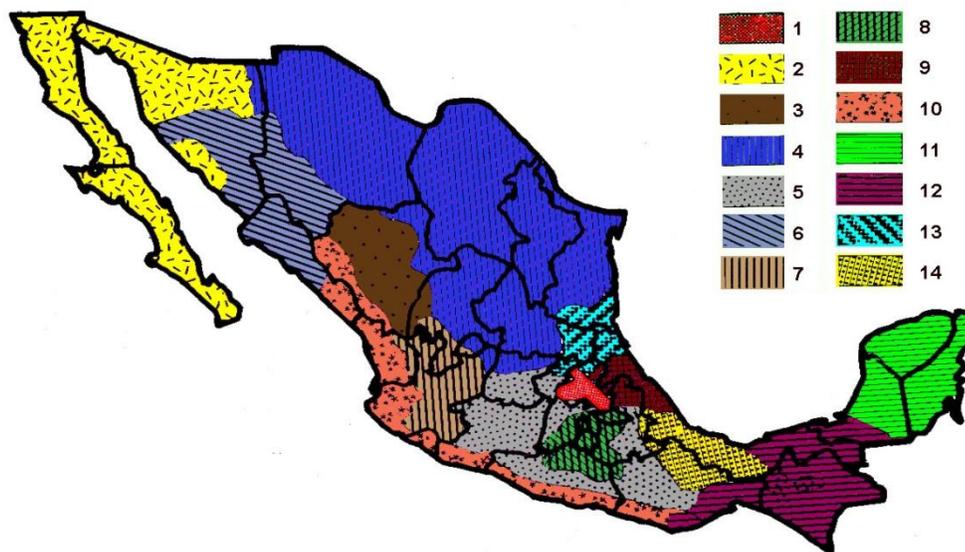
- FIRCO. 2007. Plan rector de la microcuenca Garrochitas Panalillo I, Zaragoza, San Luís Potosí, México, FIRCO
- García M. F. 1994. Curso básico de topografía. Ed. Arbol. México. 39 P.
- Holechek J. L., R. D. Preper and C. H. Herbel. 1989. Range management principles and practices, prentice hall, Ney Jersey, 197 p.
- INEGI. 1978. Cartas F14A84, F14A85, Edafología 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A84, F14A85, Topografía 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A84, F14A85, Uso de suelo 1:50 000.
- INEGI. 1978. Cartas F14A84, F14A85, Uso potencial 1:50 000.
- INEGI. 2010. Censo de población y vivienda 2010.
- INEGI. 1997. Estado de San Luís Potosí, División territorial de 1810 a 1995, INEGI, México.
- INEGI. 2002. Síntesis de información geográfica del estado de San Luis Potosí. México, Ed. INEGI pp 1-7.
- INEGI. 2010. Conformación de la base de datos por localidad, San Luis Potosí, México, Ed. INEGI, pp 2-17.
- Kirkby M. J. y R. P. D. Morgan. 1980. Erosión de suelos. Ed. Limusa. México.
- Loredo O. C. Beltrán. L. S., Moreno.S.F. 2006. Predicción del riesgo a la erosión en la vertiente oeste de la Sierra de Álvarez. Informe Técnico. INIFAP. 19 P.
- Loredo O. C. Beltrán.L.S., Moreno.S.F. y Casiano.D.M. 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. Instituto Nacional de investigaciones forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional del Noreste. Campo experimental San Luis. Folleto técnico. No. 29, pp 3-34.
- Loredo O. C. Beltrán.L.S., Moreno.S.F. y Casiano.D.M. 2007. Riesgo a la erosión hídrica y proyección de acciones de manejo y conservación del suelo en 32 en San Luís Potosí. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Libro técnico No. 3, pp 33-59.
- Loredo O. C., S. Betrán L., M. Casiano D. y L. Sarreón T. 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. pp. 39-181.
- Loredo O. C. 1994. Efecto de la reforestación en el control de la erosión hídrica. Tesis Maestría. UAAAN. Saltillo, Coahuila, México. Pp 45-88.
- Loredo O. C. 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. pp. 39-181.
- Medina G. G. Díaz. P. D. Loredo O. C. Serrano A. V. y Cano G. M. A. 2005. Estadísticas climatológicas básicas del estado de San Luís Potosí. Instituto nacional de investigaciones forestales, agrícolas y pecuarias. Centro de investigación regional del noreste. Campo experimental San Luís. Libro técnico No. 2. INIFAP-CIRNE-Campo experimental San Luis. San Luis Potosí, S.L.P. México, pp 308-309.
- Mitchell J. K. y Gary G. B. 1980. Estimación de la Pérdida del suelo. Capítulo 2, Compilado Erosión de Suelos. Editorial Limusa. México. D.F.
- Morgan R.P.C. 1997. Erosión y conservación del suelo. Ed. Mundi prensa, Madrid-Barcelona-México, pp 280-300.
- RSM. 1974. Range term glossary commite. Society For Range Management.
- Sánchez V. A. 1987. Conceptos elementales de hidrología forestal, agua, cuenca y vegetación. División de ciencias forestales. Universidad autónoma de Chapingo. Texcoco, México. Pp, 37-115.
- SARH. 1982. Secretaria de agricultura y recursos hidráulicos. Manual de conservación del suelo y del agua. Instructivo. Dirección general de conservación del suelo y agua. Colegio de postgraduados. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, México. p 45.
- SEDESOL. 1994. Informe de la situación general en materia de equilibrio ecológico y protección al ambiente, 1992-1993. Sedesol/INE. México.
- SEMARNAT. 1996. Apoyo al fomento de la conservación de suelo. Memorias de reuniones Técnicas Regionales. Querétaro, México, pp 6-8.
- Sosebee E. R. 1994. consideraciones ecológicas para le rehabilitación de pastizales de zonas áridas y semiáridas. Conferencia Magistral en: Congreso nacional sobre manejo de pastizales. SOMMAP. Monterrey, N.L. México, pp. 9-14.

USDA. 1987. Manual de conservación de suelos, Servicio de lenguas extranjeras secretaria de los Estados Unidos de América Compilación de la obra inédita en inglés servicio de conservación de suelos. Departamento de Agricultura de EE UU de América. Washington, DC. Editorial Limusa, México, pp, 1-32.

Wischmeier W. H. y D. D. Smith. 1965. Predicción de la erosión hídrica. USDA Agr. Pp. 23-26.

ANEXOS



Anexo 1. Regiones de México donde aplican las ecuaciones de erosividad (Fuente: Loredo *et al.*, 2007).

Anexo 2. Ecuaciones de erosividad (R) para las diferentes regiones de México

Región	Ecuación	R ²
I	$Y=1.20778x + 0.002276X^2$	0.92
II	$Y=3.4555X + 0.006470X^2$	0.93
III	$Y=3.6752X - 0.001720X^2$	0.94
IV	$Y=2.8959X + 0.002983X^2$	0.92
V	$Y=3.4880X - 0.000188X^2$	0.94
VI	$Y=6.6847X + 0.001680X^2$	0.90
VII	$Y=-0.0334X + 0.006661X^2$	0.98
VIII	$Y=1.9967X + 0.003270X^2$	0.98
IX	$Y=7.0458X - 0.002096X^2$	0.97
X	$Y=6.8938X + 0.000442X^2$	0.95
XI	$Y=3.7745X + 0.004540X^2$	0.98
XII	$Y=2.4619X + 0.006067X^2$	0.96
XIII	$Y=10.7427X - 0.001008X^2$	0.97
XIV	$Y=1.5005X + 0.002640X^2$	0.95

Fuente: Loredo *et al.* (2007)

Anexo 3. 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	0.025	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.

Anexo 4. Valores que toma m en función al grado de pendiente

Grado de pendiente	Valor m
< 1	0.2
1 – 3	0.3
0 – 5	0.
>5	0.5

Fuente: Wischmeier y Smith (1978)

Anexo 5. Valores de C que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo

Valores de cobertura para C			
CULTIVO	NIVEL PROD.		
	ALTO	MODERADO	BAJO
Maíz	0.540	0.620	0.800
Maíz labranza cero	0.050	0.100	0.150
Maíz rastrojo	0.100	0.150	0.200
Algodón	0.300	0.420	0.490
Pastizal	0.004	0.010	0.100
Alfalfa	0.020	0.050	0.100
Trébol	0.025	0.050	0.100
Sorgo grano	0.430	0.550	0.700
Sorgo grano rastrojo	0.110	0.180	0.250
Soya	0.480		
Soya después de maíz de rastrojo	0.180		
Trigo	0.150	0.390	0.530
Trigo rastrojo	0.100	0.180	0.250
Bosque natural	0.001	0.010	0.100
Sabana en buenas condiciones	0.010	0.540	
Sabana sobrepastoreada	0.100	0.220	
Maíz-sorgo mijo	0.4	0.65	0.9
Arroz	0.1	0.15	0.1
Algodón, tabaco	0.5	0.6	0.7
Cacahuete	0.4	0.6	0.8
Palma, cacao, café	0.1	0.2	0.3
Piña	0.1	0.2	0.3

Fuente: Loredó *et al.* (2007).

Anexo 6. Valores de P que se pueden utilizar para estimar pérdidas de suelo en la EUPS

Prácticas mecánicas	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: Loredó *et al.* (2007).