



Universidad Autónoma de Querétaro

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

PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS: CASO MICROCUENCA LA JOYA (QUERÉTARO-GUANAJUATO).

TESIS

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

Presenta:

Guillermina Barrientos Rivera

Expediente 223384

Dirigida por:

Dra. Helena Cotler Ávalos
M. en G.I.C. Milagros Córdova Athanasiadis

Santiago de Querétaro, Qro. Diciembre 2013



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

Maestría en Gestión Integrada de Cuencas

**PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS:
CASO MICROCUENCA LA JOYA (QUERÉTARO-GUANAJUATO).**

TESIS

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

Presenta

Guillermina Barrientos Rivera

Dirigida por:

Dra. Helena Cotler Ávalos

Co-dirigida por:

M. en GIC. Milagros Córdova Athanasiadis

SINODALES

Dra. Helena Cotler Ávalos
Presidente



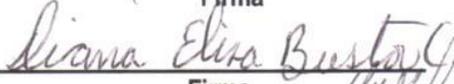
Firma

M. en GIC. Milagros Córdova Athanasiadis
Secretario



Firma

M.C. Diana Elisa Bustos Contreras
Vocal



Firma

M.C. Rafael Germán Urbán Lamadrid
Suplente



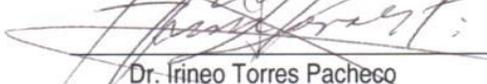
Firma

Dr. Raúl Francisco Pineda López
Suplente



Firma

Dra. Margarita Teresa de Jesús García Gasca
Directora de la Facultad de Ciencias Naturales



Firma

Dr. Irineo Torres Pacheco
Director de Investigación y Posgrado

Campus UAQ-Aeropuerto
Querétaro, Qro.
Diciembre, 2013
México

RESUMEN

La conservación de los suelos se vincula a aquellas prácticas de gestión que buscan mantener la calidad de los suelos, en términos de sus funciones y potencialidades a la vez que promueven su uso productivo y sostenible reduciendo los impactos derivados de las formas de aprovechamiento expresadas en los procesos de degradación. La implementación de cada tipo de práctica dependerá del tipo de proceso de degradación que se busque atender, de las condiciones biofísicas y sociales en las cuales se quieren implantar, así como de la disponibilidad de recursos humanos y económicos disponibles. Sin embargo, esta situación no siempre es del todo contemplada, aplicándose las mismas acciones para todo el país, siguiendo las indicaciones de la autoridad nacional en el tema de conservación de suelos, que en ocasiones no suelen ser las más adecuadas, debido a que no se considera la heterogeneidad del recurso y las distintas condiciones socio-ambientales que ejercen presiones e impactos distintos sobre los suelos.

La estrategia para la microcuenca es tomar el suelo como un eje rector desde un enfoque multidisciplinario, y priorizar las áreas importantes para conservarlo. Para ello, se implementó el método morfo-edafológico que a través de una regionalización nos permite inferir la calidad de los suelos y así, conocer el estado de la tierra como unidad integral. Como resultado se determinó que la mayoría de los suelos son muy someros, relativamente jóvenes con evidencias de erosión en forma de cárcavas, surcos, terrazas y microrelieve en forma de pedrecestales y terracetos.

A partir de la evaluación morfo-edafológica que considera las características de los suelos, los rasgos de erosión y la aptitud de la tierra, se llevó a cabo una propuesta como base para que trabajos complementarios que se realizan en la microcuenca La Joya tengan un soporte técnico que ayude a la toma de decisiones y planificación del territorio.

Palabras clave: (conservación de suelos, morfo-edafolología, microcuenca, erosión).

ABSTRACT

The soil conservation is linked to those management practices that seek to maintain soil quality, in terms of their functions and potentials while promoting sustainable productive use and reducing the impacts of harvesting forms expressed in degradation processes. The implementation of each type of practice will depend on the type of degradation that cater look of biophysical and social conditions in which they want to implement, as well as the availability of human and financial resources available. However, this situation is not always completely covered, apply the same actions for the whole country, as directed by the national authority in the field of soil conservation, which sometimes are not usually the most appropriate, because no considering the heterogeneity of the resource and the various socio-environmental conditions exert different pressures and impacts on soils.

The strategies for the watershed is taking the floor as a guiding principle from a multidisciplinary approach, and prioritize the important areas to conserve. To do this, we implemented the morpho-pedological approach that through regionalization allows us to infer the quality of the soil and thus the status of the land as an integral unit. It was determined that most of the soils are very shallow, relatively young with evidence in the form of gully erosion, furrows, terraces and microrelief shaped pedestals and terracettes.

From the morpho-pedological assessment that considers the characteristics of the soil, the features of erosion and land suitability, took out a proposal as a basis for additional work performed in the watershed have a support La Joya technical help decision making and planning.

Keywords: (soil conservation, morpho-pedological, watershed, erosion).

Dedicatoría

A mis padres, por darme siempre un poquito de su amor, comprensión, porque no sé cómo me educaron pero me siento orgullosa de ser su hija y formar parte de sus vidas.

A mis sobrin@s, porque ustedes fueron el motivo e inspiración para continuar con mis proyectos profesionales.

A mis herman@s, por el cariño y apoyo que siempre me han dado.

A ti Lenin, por tu cariño, comprensión y confianza que siempre has depositado en mí pero sobre todo por el apoyo incondicional.

A mis mejores amig@s y compañer@s, por su cariño y apoyo.

Agradecimientos

Cuando menos lo esperamos, la vida nos coloca delante un desafío que pone a prueba nuestro coraje y nuestra voluntad de cambio. Es por ello, que me es difícil resumir en dos líneas, mi agradecimiento a todas las personas que me han acompañado en el trayecto profesionalista y en general en toda mi vida.

En primer lugar, quiero agradecer al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca que me otorgo durante el proceso de realización de mis estudios de maestría.

Así mismo, agradezco a la institución que hizo posible mi formación de posgrado, la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas (MAGIC), UAQ.

A los Maestr@s que compartieron sus conocimientos, paciencia y dedicación, durante el transcurso de la maestría.

Mi más sincero agradecimiento especial a la Dra. Helena Cotler por su apoyo para hacer posible la conclusión de esta investigación, por su paciencia, pero sobre todo su tiempo y disponibilidad.

A ti Mily te agradezco el apoyo y las contribuciones a este trabajo, agradezco tu paciencia, comprensión, tu amistad y sobre todo las traducciones en mi propio vocabulario para poder desarrollar este proyecto.

Al Dr. Raúl Pineda por el apoyo y la confianza que depósito en mí, cuando pregunto, segura... ¿Qué vas a concluir tu tesis? ¿No la dejaras colgada?

A German Urbán por su guía para enriquecer el proyecto, su tiempo y su comprensión. Pero sobre todo por la confianza que deposito en mí

persona y capacidad, por el ánimo que nunca faltó hasta el final de este proyecto.

Te agradezco a ti Diana Bustos por tu valiosa ayuda, tus consejos y aportaciones a este trabajo; por permitirme aprehender como abordar el aspecto social, al que tanto le temía.

A ustedes mis queridos y estimados compañeros de la 10^{ma}. Generación, por permitirme formar parte del equipo multidisciplinario, en el cual de hombro a hombro compartimos nuestras experiencias vividas, compartiéndonos así conocimiento oportuno. Lo más importante la amistad que surgió y que nos hace formar parte de un escalón más en nuestras vidas. Gracias Lili (carnalita), Salo, Gabby, Julieta, Gris, Jesús, Ariz, Toño y Eduardo.

Así mismo, quiero agradecer a ti E. Lenin S. H. por el apoyo incondicional y por atreverte a ir a La Joya a cavar duro, pero sobre todo por no dejarme tirar la toalla “con amor es más fácil el trayecto”. En general, a la familia Serafín Higuera por el apoyo en este proceso.

Muy en especial con un agradecimiento inmenso a las dos personas que me dieron la vida y han sido siempre y seguirán siendo mis mejores amigos, compañeros y ejemplo a seguir Francisca y Guillermo (mis padres), a ustedes mis herman@s, gracias Leonarda, Manuel, Ruperto, Eduvijos, Guillermo, Antonio, Alfonso, Reyna, Eلفega, Lorena y Tomas y a toda la familia en general.

***Gracias** a Dios por darme salud, empeño y capacidad de emprender un camino lleno de bendiciones.*

ÍNDICE

Página

RESUMEN	I
ABSTRACT	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE	VI
ÍNDICE DE CUADROS	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
I.2 MARCO CONCEPTUAL	4
I.2.1 Importancia de los suelos	4
I.2.2 Funciones del suelo en el ecosistema	5
I.2.3 Degradación de suelos	6
I.2.4 Consecuencias de degradación del suelo	9
I.2.5 Conservación de suelos, en términos de su calidad	10
I.2.6 Tipos de prácticas para conservar el suelo: agronómicas, vegetativas y mecánicas	11
I.2.7 Características de ambientes semiáridos	13
I.2.8 La conservación de suelos con enfoque de cuencas	15
I.3 OBJETIVOS	18
I.3.1 Objetivo general	18
I.3.2 Objetivos específicos	18
I.4 ÁREA DE ESTUDIO	19
I.4.1 Localización del área de estudio	19
I.4.2 Características biofísicas de la microcuenca La Joya	21
I.4.3 Características socioeconómicas de la microcuenca La Joya	25
	31
CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO	
II.1 Trabajo de gabinete	31
Generación de cartografía utilizada	31
Delimitación de unidades morfo – edafológicas	32
II.2 Verificación y trabajo de campo	33
Verificación de campo de las unidades morfo-edafológicas	33
Levantamiento de suelos	34
Levantamiento de rasgos de degradación	38
Indicadores de pérdida de suelo	38
II.3 Métodos de laboratorio	43
Determinación de densidad aparente	43

Determinación de textura	44
Determinación de materia orgánica	46
	48
CAPÍTULO III. ANÁLISIS MORFO-EDAFOLÓGICO: RESULTADOS	
III.1 Resultados de características biofísicas de la microcuenca La Joya	50
III.2 Zonificación de las unidades de relieve	53
Mapa de morfo-edafológico	55
III.3 Análisis de la erosión de suelos	58
III.4 Indicadores de pérdida de suelo en la microcuenca La Joya	62
III.5 Evaluación edafo-ecológica	65
	83
CAPÍTULO IV. CONSERVACIÓN DE SUELOS: REVISIÓN DE LITERATURA	
IV.1 Introducción	83
IV.2 Método	85
IV.3 Resultados	86
CAPÍTULO V. PERCEPCIÓN DE DEGRADACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LA MICROCUENCA LA JOYA	97
V.1 Introducción	97
V.2 Método	98
V.3 Resultados	99
Análisis de las respuestas: entrevistas	101
CAPÍTULO VI. PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS	111
VI. 1 Método	111
VI.2 Criterios a considerar para elegir las prácticas de conservación de suelos por unidad morfo-edafológica.	111
VI.3 Propuesta de prácticas de conservación de suelos	112
CAPÍTULO VII. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	116
ANEXOS	120
A.1 Hoja de levantamiento de suelos	121
A.2 Hoja de evaluación de campo de la degradación de suelos	122
A.3 Datos de rasgos de degradación por sistema morfo-genético.	123
A.4 Descripción completa de perfiles	138
A.5 Resultados laboratorio: densidad aparente, textura y carbono orgánico	172
A.5.1 Resultados de densidad aparente de los suelos en la microcuenca La Joya	172
A.5.2 Resultados de textura y carbono orgánico de cada horizonte por perfil de suelo en la microcuenca La Joya.	173
A.6 Formato de entrevista para conocer las prácticas locales de conservación de suelos en la microcuenca La Joya.	174

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Página
Cuadro 1. Características morfológicas de la microcuenca La Joya (MAGIC, 2009).	24
Cuadro 2. Los diferentes tamaños y tipos de pedregosidad en el suelo (Siebe et al., 2006).	35
Cuadro 3. Humedad actual en el suelo (Siebe et al., 2006).	36
Cuadro 4. Clasificación del grado de afectación del proceso erosivo, de acuerdo a la metodología ASSOD.	42
Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña empinada y abrupta Me1, Ma1, Ma2, Ma3.	58
Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña intermedia – Mi1, Mi2, Mi3, Mi4.	59
Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña suave – Ms1, Ms2, Ms3, Ms4 y Ms5.	60
Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Cima de lomerío – CI1, CI2, CI3.	61
Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Me1, Ma1, Ma2, Ma3.	112
Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Mi1, Mi2, Mi3, Mi4.	113
Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Ms1, Ms2, Ms3, Ms4, Ms5.	114
Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: CI1, CI2, CI3.	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Página
Figura 1. Principales tipos e indicadores de degradación natural e inducida por el hombre (Lal, 1997).	7
Figura 2. Localización de la microcuenca La Joya.	19
Figura 3. Unidad base de estudio, microcuenca La Joya	20
Figura 4. Mapa de litología de la microcuenca La Joya (INEGI, 2005).	21
Figura 5. Mapa de uso de suelo y vegetación de la microcuenca La Joya (Sánchez, A. J., 2013).	24
Figura 6. Algunas de las actividades productivas que se realizan en la microcuenca La Joya.	27
Figura 7. Medición de cárcavas, tomada por la autora	33
Figura 8. Análisis in situ de suelos, tomada por la autora	34
Figura 9. Tipos de estructura (Siebe <i>et al.</i> , 2006).	34
Figura 10. Método del cilindro (Porta <i>et al.</i> , 1994).	44
Figura 11. Triangulo para determinar textura (Siebe <i>et al.</i> , 2006).	45
Figura 12. Esquema del proceso de descomposición de los restos orgánicos y la formación del humus del suelo.	46
Figura 13. Actualización del mapa de litología de la microcuenca La Joya, elaboración propia.	50
Figura 14. Mapa de edafología de la microcuenca La Joya, elaboración propia.	51
Figura 15. Mapa geomorfológico de la microcuenca La Joya	55
Figura 16. Mapa morfo-edafológico de la microcuenca La Joya, elaboración propia	57
Figuras (s) 17. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya	62
Figuras (s) 17a. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya	63
Figuras (s) 17b. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya	64
Figura 18. Entrevistas realizadas a algunos actores locales de la microcuenca La Joya	100

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Los suelos constituyen uno de los recursos naturales que se caracterizan por su gran heterogeneidad, lo que les posibilita cumplir con una diversidad de funciones vitales para el sostenimiento de los ecosistemas y de la vida humana (Cotler *et al*, 2007). Por tanto, una comprensión del sistema del suelo es clave para el éxito (Brady y Weil, 1999).

De acuerdo a la Organización de Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) e instituciones internacionales y nacionales, hay una alerta mundial sobre la degradación de los suelos y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria; además de la relevancia del recurso en el mantenimiento del ciclo hidrológico en las cuencas, así como de la provisión de otros servicios ecosistémicos (Cotler *et al*, 2007). Por lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado o deteriorado física o químicamente, la atención debe centrarse en la prevención de la degradación. Ello, no sólo para reducir la degradación del suelo, sino también para abordar los problemas globales al mismo tiempo que la escasez del agua, los conflictos de uso del suelo, el cambio climático (a través de la captura de carbono), la conservación de la biodiversidad y la mitigación de la pobreza (WOCAT, 2007).

La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener la calidad del aire, mejorar la calidad del agua, y para preservar la salud humana (Oldeman, 1998). En este contexto, la conjunción del cambio de uso del suelo, y la práctica de sistemas de producción inadecuados fomentan procesos de deterioro de los suelos (Cotler, 2007). Se estima que alrededor de dos mil millones de hectáreas (15% de la superficie terrestre) en el mundo sufren algún tipo de degradación edáfica, siendo la erosión hídrica la forma más común de degradación del suelo en el mundo (SEMARNAT, 2002).

En México, más del 45% del territorio nacional presenta suelos degradados, siendo el principal proceso degradativo el químico (18.3%), seguido por la erosión hídrica (11.4%); la erosión eólica (9.4%) y en menor proporción la degradación física (5.9%) (SEMARNAT- COLPOS, 2002). Sin embargo, a pesar de que es un tema que se ha venido estudiando desde hace varias décadas, el estado del conocimiento de la degradación de suelos es aún general. Maass y García-Oliva (1990) mencionan que *“la literatura sobre el tema no sólo es escasa, sino que está dispersa, es de difícil acceso y en ocasiones es confusa y contradictoria”*. Las estimaciones más recientes, presentadas por Garrido y Cotler, (2010), señalan que el 80% de las cuencas del país presentan algún tipo de degradación del suelo, siendo aquellas ubicadas en la zona centro - norte del país las que presentan un deterioro severo o extremo, acentuado por las características ambientales que

caracterizan a esta zona del país. Por la influencia que tiene en la funcionalidad hídrica de una cuenca y por su enorme relevancia para el ámbito productivo y ecológico, es importante conocer los procesos de degradación de suelos a lo largo de una cuenca, para planificar eficientemente las diferentes acciones y medidas de conservación de suelos, así como para mantener otros servicios ambientales, como la provisión de agua (Garrido y Cotler, 2010).

Con estas funciones, es evidente que cualquier situación donde se presente un deterioro acelerado del suelo es incompatible con la sustentabilidad ambiental, y sin ella no puede haber desarrollo sustentable. Por lo tanto, la conservación de suelos, entendida como “el conjunto de medidas para la prevención y control de la erosión o el mantenimiento de la fertilidad del suelo (Stocking, citado por De Graaff, 1993), es un componente básico de dicho desarrollo. Dichas medidas conservacionistas, se vinculan con prácticas de gestión que promueven el uso productivo y sostenible de los suelos, así como el uso apropiado de la tierra que permita reducir los impactos derivados de las formas de aprovechamiento expresadas en los procesos de degradación y con ello, lograr la capacidad para sostener la productividad biológica y la diversidad, mantener la calidad ambiental o mejorarla y promover la salud vegetal y animal, en el contexto de los ecosistemas (Karlen et al, 1997).

Las medidas para conservar el suelo pueden clasificarse en tres grupos: 1) agronómicas, las que utilizan la vegetación para proteger el suelo; 2) vegetativas, que preparan el suelo para mejorar su estructura y su capacidad de favorecer el desarrollo vegetal; y 3) mecánicas o físicas, relacionadas a la ingeniería, incluyen desde modificaciones a la topografía hasta la construcción de las obras (Morgan, 1997).

Durante las últimas décadas se han realizado numerosos esfuerzos para detener la degradación de las tierras agrícolas, pero el proceso de cambio para la adopción de nuevas tecnologías conservacionistas por parte de los agricultores, aún es débil. Es más, las estrategias tecnológicas generadas para el manejo y conservación de suelos y aguas, a menudo no son adoptadas por los beneficiarios, principalmente la ausencia de su participación en el proceso de diagnóstico, planificación y ejecución de acciones. Por otra parte, los sistemas de labranza y prácticas conservacionistas generalmente no están adaptadas al entorno de una región específica. Así mismo, Mielniczuk y Schneider, 1984; mencionan que la intensidad de uso de prácticas inadecuadas de labranza y manejo, la pendiente de las tierras, la textura del suelo y la resistencia del suelo a la erosión hídrica, conllevan a un daño intenso del suelo, con gran colapso del espacio poroso, acelerando con ello la erosión y obteniendo niveles mínimos de productividad. Una de las razones sea posiblemente por haber sido desarrolladas en otros lugares e introducidas sin efectuar un diagnóstico correcto de la situación local, lo cual ha causado problemas de credibilidad entre los agricultores.

Lo anterior hace necesario, desarrollar tecnologías que garanticen el mantenimiento de la productividad de las tierras agrícolas; siendo éste, un reto que incluya la identificación de los problemas de manejo y conservación de suelos y aguas. Así mismo, hacer un gran énfasis en la evaluación del potencial de sistemas conservacionistas adaptadas a las condiciones propias de cada región (FAO, 2000).

Así, surge el planteamiento del presente estudio, que busca identificar las prácticas de conservación de suelos más adecuadas para atender la degradación de este recurso en una cuenca con características semiáridas, que conlleven a garantizar su efectividad en el control de la problemática y la recuperación de la estructura y función de la cuenca. Logrando con ello, el planteamiento de cada tipo de práctica conservacionista, dependiendo del tipo de proceso de degradación que se busque atender, de las condiciones biofísicas y sociales en las cuales se quieren implantar; así como de la disponibilidad de recursos humanos y económicos.

La zona de estudio seleccionada, es la Microcuenca La Joya, que se encuentra inmersa en un antiguo y semidestruido cráter volcánico. Dada su ubicación fisiográfica en los límites del Eje Neovolcánico con la Mesa Central, imperan características semiáridas donde el agua es un recurso prioritario. La zona presenta alta vulnerabilidad a sequías y en temporada de lluvias ocurren acelerados procesos de erosión debido a que la microcuenca es poco permeable donde el escurrimiento superficial se da con mayor frecuencia, es decir, el agua entra y sale de forma acelerada.

De acuerdo al Plan Rector de Producción y Conservación (Magic, 2010), una de las problemáticas identificadas en la microcuenca es una fuerte erosión hídrica superficial, donde el sobrepastoreo, la deforestación y las prácticas agrícolas, son los principales factores causativos identificados.

El presente estudio espera contribuir en el proceso de manejo adaptativo que de alguna forma se está implementando en la microcuenca, a través de una propuesta de prácticas conservacionistas del suelo adaptadas a las condiciones locales de la zona y, así formular una herramienta de apoyo que pueda ser de utilidad al momento de la toma de decisiones para establecer acciones y estrategias, que permitan garantizar la conservación de los suelos y con ello mejorar el bienestar de los habitantes de la Microcuenca La Joya.

I.2 MARCO CONCEPTUAL

I.2 .1 Importancia de los suelos

El suelo desempeña diferentes funciones en la superficie terrestre, como soporte de actividades del hombre y hábitat de organismos, así como soporte de infraestructura y fuente de materiales no renovable (Volke, *et al* 2005). Es un elemento filtrante, amortiguador y transformador, que regula el ciclo del agua y los ciclos biogeoquímicos. Como hábitat de organismos y reserva genética, constituye junto con el agua, el aire y la luz solar, el fundamento de la vida en los ecosistemas terrestres (Blum, 1995). Sin embargo, este recurso no es renovable pues, se tarda cientos de años para producir unos pocos centímetros de suelo (de 500 a 2000 años), según su ubicación geográfica (Jenny, 1994). Proporciona el vínculo esencial entre los componentes que conforman nuestro entorno siendo protección prioritaria, debido a su importancia socioeconómica y ambiental.

Cabe mencionar que sus funciones principales son (Blum, citado por Aguilar, 1995) ser el soporte para la producción agrícola y forestal, base entre otras cosas, para la obtención de alimentos; reserva genética, componente básico para el soporte de ecosistemas terrestres y estabilidad del mismo; filtración, amortiguación y transformación de diversas sustancias, lo que confiere al suelo un papel primordial en la lucha contra su degradación, de las cuales se derivan servicios ambientales indispensables para el sostenimiento tanto del ecosistema como de la vida humana.

Con estas funciones, es evidente que cualquier situación donde se presente deterioro del suelo se dificultará con la sustentabilidad ambiental. Por lo tanto, se determina que las características para la conservación de este recurso debe buscar el mantenimiento y la recuperación de su calidad, entendida como la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana (Karlen et al. 1997).

Reconociendo la importancia de los suelos para la supervivencia y el bienestar de los pueblos y su sustentabilidad agrícola, es absolutamente necesario dar prioridad al fomento de un uso óptimo de las tierras, al mantenimiento y al mejoramiento de la productividad de los suelos (FAO, 1983). De ahí que la degradación del suelo esté considerada como el mayor problema ambiental que amenaza la producción mundial de alimentos (PNUMA 2000) y una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible de los terrenos agrícolas (Castillo 2004).

I.2.2 Funciones del suelo en el ecosistema:

La formación del suelo está controlada principalmente por cinco factores formadores, material parental, el clima, los organismos, incluyendo al ser humano, la topografía y el tiempo. Su interacción condiciona una jerarquía de la asociación de suelos en el paisaje. Las variaciones determinadas por las condiciones lito-

climáticas del sitio, el drenaje, la historia geomorfológica y el uso de la tierra son determinantes para las funciones del suelo, además de las condiciones de sus niveles de fragilidad y vulnerabilidad a las diversas presiones antrópicas (Brady y Weil, 1999).

a) Sustento de actividades productivas

Si bien el suelo es el sustento de las actividades productivas primarias, como lo son la agricultura, la ganadería y las actividades forestales, su relación con la sociedad pasa por comprender de manera más amplia el problema ligándolo al concepto “tierra”. La tierra se define como “un área específica de la superficie terrestre cuyas características abarcan todos los atributos razonablemente estables o cíclicamente predecibles de la biósfera, incluyendo a los de la atmósfera, del suelo y la geología subyacente, de la hidrología, de las poblaciones vegetales y animales, así como los resultados de la actividad humana pasada y presente, incluyendo las interacciones de todos ellos” (Cotler *et al*, 2007).

La fertilidad es la capacidad inherente de un suelo para proporcionar nutrientes en cantidades y proporciones adecuadas, mientras que la productividad del suelo es un término más amplio que se refiere a la capacidad del mismo para producir cultivos. Los principales factores de la productividad del suelo son la materia orgánica (incluyendo la biomasa microbiana), la textura del suelo, la estructura, la profundidad, el contenido de nutrientes, la capacidad de almacenamiento de agua, la reacción a los elementos tóxicos y su ausencia. Una breve descripción podría indicar que la productividad del suelo depende de características físicas, hídricas, químicas y biológicas y de sus interacciones (Brady, 1974). Sin embargo, el uso intensivo de los suelos ha conllevado a cambios globales, que afectan la capacidad productiva de las tierras a través de su influencia sobre la vegetación y tipos de usos posibles en la agricultura, la escorrentía, evaporación, calidad de las aguas freáticas. Directa o indirectamente tales cambios tienen un efecto sustancial sobre las condiciones climáticas globales, las que a su vez influyen en los suelos (Shaxson *et al*, 2005).

b) Ciclo biogeoquímico (captura de carbono)

El suelo constituye el medio donde se realizan ciclos biogeoquímicos necesarios para el reciclaje de los compuestos orgánicos. De acuerdo con Sombroek *et al*, (1993), el contenido de carbón almacenado en el primer metro del suelo es 1.5 veces mayor que aquél acumulado en la biomasa, constituyendo la tercer parte más importante del carbono.

Este secuestro de carbono en el suelo, reduce su liberación a la atmósfera como CO₂, uno de los gases responsables del cambio climático. El carbono del suelo y el carbono global disponible, según International Geosphere Biosphere Program (1998), representa la pérdida histórica de los suelos agrícolas, ésta fue de 50 Pg de carbono en el último medio siglo, lo cual representa un tercio de la pérdida total del suelo y la vegetación.

c) Capta, infiltra y retiene humedad

Otra de las funciones del suelo, son captar el agua que permite la recarga de los acuíferos, lo que influye en la calidad de la misma, filtrando, amortiguando y captando ciertos contaminantes, impidiéndoles llegar a las reservas de agua (Brady y Weill, 1999 en Cram, 2008). El suelo contribuye indirectamente a modular temperatura y humedad, lo cual mejora la calidad del aire (evitando polvareadas y/o favoreciendo la producción de oxígeno), factores todos relacionados con la calidad de vida del hombre (Cram, 2008).

Cuando el suelo es incapaz de almacenar más agua, el exceso se desplaza lateralmente sobre o a través del suelo y a favor de la pendiente, como flujo subsuperficial o flujo superficial.

d) Hábitat de organismos

Los suelos proveen un hábitat para una miriada de organismos vivos, desde pequeños mamíferos y reptiles a diminutos insectos y a un imaginable número y diversidad de algas, bacterias y protozoos. Son organismos y microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica, así como la transformación de otras sustancias, tales como sulfatos y nitratos (*Inmoviliza y detoxifica materiales orgánicos e inorgánicos*), además, es una reserva de genes. Conjuntamente las propiedades del suelo son el principal factor que controla el destino del agua en el sistema hidrológico (Brady y Weil, 1999).

La disminución de la calidad del suelo en general contribuye al decremento de la biodiversidad, pérdida de actividad biológica y las especies animales que pueden ser ocasionados por: la eliminación o la quema de la vegetación; la aplicación excesiva de fertilizantes y agroquímicos y acidificación de la contaminación atmosférica. Debido a los fuertes enlaces y otros tipos de degradación, a menudo es difícil estimar el grado de degradación biológica del recurso. Es seguro asumir que la degradación biológica asociada a otros tipos de degradación son importantes, especialmente por contaminación, erosión, compactación y químicos (Sadowski, 1996).

1.2.3 Degradación de suelos

Se puede decir que la degradación del suelo es el proceso opuesto a su formación y evolución, ya que en esencia es la reducción de su calidad, productividad y capacidad de reducción ambiental (Lal, 1997). La palabra degradación de suelos, implica por definición un problema social. Si bien, los procesos ambientales como erosión y el lavado ocurren sin la acción humana, para que estos procesos sean interpretados como "degradación", implica un criterio social que relaciona la tierra con su uso actual o potencial (Blaikie y Brockfield, 1987; citado por FAO, 2009).

Tipos de degradación

Los procesos de degradación del suelo, pueden agruparse en tres grandes grupos, dependiendo de las causas y efectos que tienen sobre distintas propiedades del suelo. Estos son:

- a) Degradación **física**: hace referencia al deterioro de las propiedades físicas, como aumento de la densidad aparente, disminución de la porosidad, pérdida de estabilidad estructural, entre otros, por efecto de la erosión, desertificación, compactación y endurecimiento. Numerosas publicaciones indican que las propiedades físicas del suelo son las más importantes en la emergencia y desarrollo de los cultivos (Pérez, J. 1993).
- b) Degradación **química**: esta categoría se reserva para procesos tales como la lixiviación de bases y la formación de diferentes áreas de toxicidad en el suelo debidas al exceso de sales. En general es una categoría que engloba la pérdida de nutrientes. La alteración en la concentración de determinados elementos químicos puede deberse a la sobreaplicación de productos agroquímicos y fertilizantes inorgánicos; así como efectos de contaminación derivados de aprovechamientos de tipo industrial o disposición de residuos.
- c) Degradación **biológica**: esta categoría se produce cuando hay una disminución de la materia orgánica incorporada. Esta reducción en los niveles de materia orgánica, genera una reducción en la actividad microbiana, que incluye la macro y microfauna del suelo, además de la microflora, lombrices, entre otros. La degradación

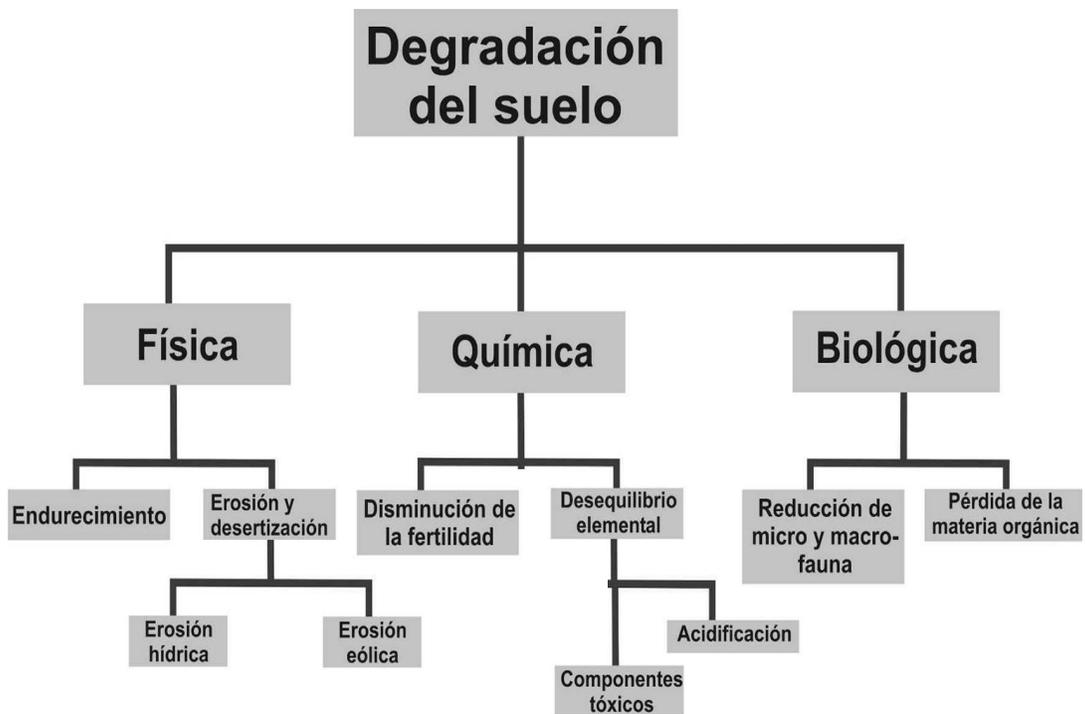


Figura 1. Principales tipos e indicadores de degradación natural e inducida por el hombre. Lal. 1997.

biológica, está íntimamente relacionada con la degradación química, porque una reducción y desequilibrio en los niveles de materia orgánica, produce una reducción en los niveles de nutrientes del suelo (Carrasco, 2003). A diferencia de las anteriores, este tipo de degradación es difícil de determinar, y dado que muchos de sus efectos son medibles o cuantificables en las propiedades químicas, existen procesos que se consideran dentro del segundo tipo.

La erosión del suelo

Se refiere al proceso de remoción (por desprendimiento o arrastre) del suelo, principalmente de la capa arable del mismo. La erosión del suelo, con la implícita pérdida de la producción, se está convirtiendo en uno de los problemas ambientales que más presión ejerce en áreas vulnerables (FAO, 2000). Este proceso se debe principalmente a dos causas:

La **erosión eólica** (erosión causada por la acción del viento), ejerce presiones considerables en las zonas áridas y semiáridas del centro y norte del país y en otras áreas dispersas en el resto del territorio. Este tipo de erosión se debe principalmente al sobrepastoreo que destruye o altera a la vegetación natural, a la tala inmoderada y a prácticas agrícolas inadecuadas (PNUMA 2003).

La **erosión hídrica** es causada por la acción de la energía cinética de las gotas de lluvia al impactar una superficie de terreno desnudo, o insuficientemente protegida por la vegetación. Esta acción separa las partículas de los agregados del suelo, las que posteriormente son arrastradas por el escurrimiento superficial de las aguas. Este flujo precanalizado que se produce en toda la superficie del terreno, no tiene energía suficiente para separar partículas, pero es un activo agente de transporte de los materiales salpicados por el impacto de las gotas de lluvia. La importancia del efecto de las gotas se puede deducir del hecho que son capaces de dispersar partículas a distancias de 150 cm del punto del impacto y levantarlas a alturas de 60 cm (Peña, 1994).

Contaminación en el suelo

Bajo el término de contaminación indicamos la existencia de un agente químico que está presente en el ambiente, a una concentración tal que genera un efecto fisiológico desfavorable en los organismos y, por tanto, puede causar un cambio ecológico. La contaminación del suelo es un fenómeno de origen antrópico que se produce como consecuencia de la liberación de sustancias químicas, físicas o biológicas al medio terrestre durante los procesos productivos desarrollados por el hombre. Aunque la acidificación de los suelos puede ser un proceso natural que tiene lugar a través de diferentes mecanismos. La agricultura intensiva y la utilización inadecuada de fertilizantes, son las principales causas que pueden acelerar el proceso de la acidificación. Bajo estas condiciones, el suelo, una vez agotada su capacidad de amortiguación, puede liberar elementos

potencialmente contaminantes al medio ambiente que anteriormente se encontraban inmovilizados. Por lo anterior, se conduce a una pérdida de fertilidad de los suelos producida, entre otros factores, por el lavado de nutrientes, la descomposición de la materia orgánica y la destrucción de comunidades de organismos beneficiosos Ingeniería civil y Medio ambiente, 2005. Así mismo, las sustancias dañinas se depositan e incorporan no sólo en el suelo, modificando sus propiedades; sino también existe el riesgo de que se incorporen en los mantos acuíferos, lo que trae como consecuencia la disminución en la calidad de este recurso (Comunidad Europea, 2009).

1.2.4 Consecuencias de degradación del suelo

Los procesos de menor escala operan embebidos y, en mayor o menor grado, controlados por los procesos a mayor escala. Un análisis similar se puede hacer con otros procesos ecológicos, como la erosión de los suelos, la humedad atmosférica, las tasas de descomposición de la hojarasca y la dinámica poblacional de bacterias, por sólo mencionar algunos ejemplos. Más aún, todos estos procesos no sólo están relacionados entre sí, sino además controlan y son controlados por una intrincada red de relaciones funcionales, que también opera de forma anidada y jerárquica a diferentes escalas espaciales y temporales (Cotler, *et al.*, 2007).

1. Pérdida de nutrientes (N, P, S, K, Ca, Mg): puede ser de manera directa, bien al ser eliminados por las aguas que se infiltran en el suelo o bien por erosión a través de las aguas de escorrentía, o de una forma indirecta, por erosión de los materiales que los contienen o que podrían fijarlos.
2. Modificación de las propiedades fisicoquímicas: acidificación, basificación y bloqueo de los oligoelementos que quedan en posición no disponible.
3. Deterioro de la estructura: La compactación del suelo produce una disminución de la porosidad, que origina una reducción del drenaje y una pérdida de la estabilidad: como consecuencia se produce un encostramiento superficial y por tanto aumenta la escorrentía.
4. Disminución de la capacidad de retención de agua: por degradación de la estructura o por pérdida de suelo. Esta consecuencia es especialmente importante para los suelos andaluces sometidos a escasas precipitaciones anuales.
5. Pérdida física de materiales: erosión selectiva (parcial, de los constituyentes más lábiles, como los limos) o masiva (pérdida de la capa superficial del suelo, o en los casos extremos de la totalidad del suelo).
6. Incremento de la toxicidad: al modificarse las propiedades del suelo se produce una liberación de sustancias nocivas.

Consecuencias socio-económicas

1. Se reducen las zonas cultivables.
2. Se pierden cultivos y al mismo tiempo grandes inversiones.

3. Aumentan la pobreza, disminuyen los ingresos.
4. Fuerte impacto los pequeños productores pues son ellos los más afectados por vivir y cultivar en zonas de ladera que son las más afectadas por la erosión.
5. En muchos casos se pierde gran número de vidas humanas, cuando se presentan deslizamientos, avalanchas, etc., (Cotler *et al*, 2007).

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

Por lo anterior, es fundamental conservar el suelo en una cuenca hidrográfica, pues tiene implicaciones mucho más allá de la parcela misma, no solamente aguas abajo, sino a nivel del uso de la tierra en la cuenca en general.

1.2.5 La Conservación de los suelos, en términos de su calidad

La calidad del suelo se refiere a la capacidad para sostener la productividad biológica y la diversidad, mantener la calidad ambiental o mejorarla y promover la salud vegetal y animal, en el contexto de los ecosistemas (Karlen *et al.* 1997). La calidad, productividad y resiliencia del suelo están interrelacionadas en forma directa, pero los indicadores de estos pueden ser distintos para diferentes funciones y a la vez diferir entre suelos. Sin embargo, Sojka *et al.* 2003, hace mención de que el concepto de calidad de suelo es evasivo, ya que en él no se reconoce el conflicto que involucra el manejo de los suelos en los distintos escenarios, además induce a la idea reduccionista de la complejidad del suelo.

La calidad del suelo se identifica con un impulso y concientización producida en torno a la pérdida de la calidad física, química y biológica de algunos suelos. Se trata de un problema a escala mundial, pues son numerosas las zonas o lugares afectados por contaminación, erosión, salinización, etc. Conviene no obstante acotar el término "calidad" en virtud de su funcionalidad, siendo éste, un componente fundamental de la biosfera ya que es la interfaz entre la tierra, el aire y el agua. Es un recurso no renovable, a escala de tiempo humana, que desempeña diversas funciones importantes para la vida (Karlen *et al.*, 1997)

De acuerdo a las funciones que dicho recurso provee, la calidad puede contribuir a reducir los costos que se generan cuando se presentan problemas de erosión del suelo y puede ayudar a mejorar el uso eficiente de nutrientes y del agua, así como asegurar que el recurso sea sustentable para un uso futuro; donde el manejo de la calidad del suelo proporciona una guía para hacer uso eficiente y sustentable del suelo a partir de un amplio rango de perspectivas de manejo, que permite dictar medidas adecuadas para su uso, contribuyendo a

la conservación del suelo. A nivel mundial, son más frecuentes los cambios adversos en la calidad física, química y/o biológica de los suelos. Y es que la capacidad de amortiguamiento del suelo, su resiliencia y su capacidad de filtrar y absorber sustancias contaminantes hacen que los daños que sufre no se perciban hasta una fase muy avanzada. De este modo, a veces solo tras varias décadas de usos inadecuados es cuando aparecen las señales del impacto negativo sufrido durante el pasado, lo cual depende del sitio y del tipo de impacto. Probablemente sea esta la razón principal de que no se haya fomentado la protección del suelo en la misma medida que la protección del aire y del agua (AEMA, 2002). En este contexto, la calidad se presenta como la herramienta ideal para identificar o conocer en qué estado de degradación funciona el suelo en un momento dado, así como que medidas son necesarias para un mejor funcionamiento. No obstante, el término de calidad ha ido evolucionando hasta incorporar el concepto de sostenibilidad del suelo, aunado a criterios tanto productivos como medio ambientales. Por ende, la conservación de suelos implica conservar las funciones y servicios ambientales otorgados por los suelos, es decir conservar su calidad (Cotler Coment. Pers.).

El propósito fundamental de investigar y determinar la calidad del suelo no es solamente poder lograr una mayor estabilidad en la estructura del suelo y mejorar su actividad biológica o alguna otra propiedad del suelo, sino también es determinar las características para la conservación de dicho recurso y así buscar el mantenimiento y la recuperación de su calidad, manteniendo la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana.

1.2.6 Tipos de prácticas para conservar el suelo: agronómicas, vegetativas y mecánicas

Las medidas de conservación son tecnologías específicas en cada estudio de caso, dependerá de la gestión pueden ser: agronómicas, vegetativas y mecánicas o estructurales, con frecuencia se combinan. Existen muchas técnicas o prácticas de conservación de suelos que son sencillas, de relativo bajo costo, de fácil aplicación y aceptación por los agricultores; se clasifican de la siguiente manera:

Las prácticas agronómicas

Son aquellas prácticas de manejo del suelo encaminadas a la conservación de los recursos (agua y suelo). Se basan en la selección de las técnicas más apropiadas para la mejora de las propiedades del suelo y la protección frente a la lluvia, y actúan principalmente contra la desagregación del suelo (David Sanders, 2004). Están relacionadas con la gestión del suelo, la cobertura del suelo y de cultivos y rotaciones; son relativamente económicas, requieren pocos insumos, pueden ser muy eficaces y están a menudo relacionadas con el manejo de la fertilidad y por lo tanto a la productividad. Por lo general se integran en las actividades agrícolas. Estas

medidas logran la conservación como un efecto secundario de la gestión de la tierra. Las medidas agronómicas, en los últimos años, han sido aceptadas por los especialistas y los usuarios de la tierra. Algunos ejemplos de medidas agronómicas son: compostaje, cultivos mixtos, cultivos de contorno, acolchado, etc. Estas prácticas se efectúan bajo ciertos criterios (WOCAT, 2007):

1. Se asocian con cultivos anuales
2. Se repiten de forma rutinaria cada temporada o en una secuencia de rotación
3. Son de corta duración
4. No dan lugar a cambios en el perfil de la pendiente
5. Son normalmente independientes, de la pendiente

Las prácticas vegetativas

Son aquellas que utilizan el desarrollo de las plantas para mejorar el rendimiento de los cultivos y evitar las pérdidas por erosión. Sus objetivos principales son establecer una buena protección del suelo por cobertura vegetal, evitar los procesos erosivos frenando la velocidad de circulación del agua y el viento, y mejorar las características físicas y químicas del suelo que hacen disminuir la formación de agua de escorrentía. Son muy efectivas tanto sobre el control de la desagregación de las partículas como sobre su transporte (Gisbert, 2002). La forma en que impide el efecto erosivo es la siguiente: el follaje de las plantas amortigua la fuerza del impacto de las gotas lluvia que caen sobre la superficie del suelo y sus raíces sirven para evitar que éste sea arrastrado después del impacto, por el escurrimiento superficial (COP, 1991).

Los objetivos que se persiguen con estas medidas se describen a continuación:

1. Fortalecer una cubierta vegetal en áreas específicas
2. Evitar o disminuir al máximo la erosión eólica o hídrica
3. Lograr una mejor utilización de los terrenos al mejorar sus características físicas y químicas.

Existe una gran diversidad de especies vegetales y formas de manejo, sin embargo se debe tomar en cuenta la selección a partir de vegetación nativa, características fisionómicas y fisiológicas acordes a las particularidades del área de estudio donde se pretenda proponerlas. De tal forma, que cada una de ellas pueda ayudar a conservar la producción del recurso suelo, en forma indefinida.

La adopción de prácticas conservacionistas por parte de los agricultores a menudo muestra un incremento de los rendimientos, todo depende de que puedan ser vistos y medidos por los agricultores. Es más, el punto de vista de los agricultores constituye la consideración principal en el proceso de adopción, porque los agricultores no cambiarán sus prácticas si no perciben algún beneficio. De hecho, la reducción de costos y tiempo son, por

lo general, las razones más importantes para que los agricultores adopten las prácticas conservacionistas (FAO, 2002).

Las prácticas mecánicas o estructurales

Son aquellas actividades que se realizan con implementos agrícolas, aditamentos especiales o mano de obra y consisten en realizar movimientos de tierra, con la finalidad de disminuir los escurrimientos superficiales así como, evitar la erosión en terrenos con pendientes y aumentar la humedad en el terreno, pero no actúan contra la desegregación del suelo o como medio para mejorar su fertilidad (COP, 1991 y Sanders, 2004). La particularidad específica de las medidas estructurales tales como: terrazas, bancos, muros de contención y gaviones, estructuras usuales de larga duración o permanentes para resolver los problemas de erosión. Sin embargo, requieren de importantes aportes de mano de obra y dinero.

El objetivo que persiguen estas obras es, manejar el agua de lluvia y reducir la erosión de los suelos. Este tipo de prácticas puede complementar las medidas agronómicas y vegetativas. Además, en el enfoque “moderno” de la conservación de suelos y aguas, las acciones se deben insertar en una planeación para el manejo sustentable de tierras y no conceptualizarse como actividades independientes (Pla Sentis, 2002 en Cotler *et al* 2007). Sin embargo, las prácticas mecánicas juegan un rol suplementario pero no siempre son necesarias, van a depender de las necesidades físicas y sociales a escalas locales (Bocco, 1991).

A través de la incorporación de prácticas y obras de conservación de suelos, se tiene como finalidad preservar las funciones del suelo, garantizando su contacto con el agua, la vegetación y el aire del entorno, conservando las propiedades que regulan su calidad. Entre los principales servicios se pueden mencionar el mejoramiento de la recarga y el filtrado que mejora la calidad del agua, en una región caracterizada por la escasez de dicho recurso. Tal es la importancia de este servicio, que ante la escasez de suelo que posibilita la infiltración y recarga, por ello, actualmente se plantean técnicas artificiales para suplir estas funciones (Cram *et al.*, 2007).

1.2.7 Características de ambientes semiáridos

Le Houerou (1970) consideran que las zonas con más de 400 mm de precipitación deben considerarse como semiáridas, subhúmedas o húmeda mientras la FAO, 1994., considera que una zona semiárida recibe entre 200 y 500 mm de lluvias en invierno o 400 a 600 mm de lluvias de verano. Sin embargo, la característica principal de su sequedad radica no tanto en la precipitación sino en el balance negativo entre la precipitación y la evapo-transpiración.

Hay distintas definiciones de lo que es semiárido por ejemplo, Contreras-Arias (1955) considera semiárida a aquellas zonas en las cuales las cosechas de cereales son de muy bajos rendimientos por la deficiencia de

humedad, y en una proporción cercana al 50% de los años se pierden del todo o son antieconómicas. Así mismo, las zonas semiáridas son aquellas en donde no es posible obtener cosechas costeables en ningún año, a menos que se les someta a riego. Mientras, La Comisión Nacional de las Zonas Áridas (CONAZA, 1970) define como zona semiáridas a aquellas en donde la precipitación oscila entre más de 250 y menos de 500mm. Sin embargo, La convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD) define las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas como “aquellas zonas en las que la proporción entre la precipitación anual y la evapotranspiración (índice de aridez) potencial está comprendida entre 0.05 y 0.65, excluidas las regiones polares y subpolares”.

Cualquier mecanismo que impida el traslado de la humedad de las grandes cuencas oceánicas hacia tierra adentro, causa aridez. Debido a un diferente calentamiento de la Tierra, entre los 20 y 40° de latitud a ambos lados del ecuador, se forman fajas de alta presión y corrientes de aire descendentes en las cuales el aire tiende a bajar desde altitudes elevadas hasta la superficie terrestre. Al hacerlo, se calienta por compresión, a razón de 1° C por cada 100 m de descenso; de tal modo que cuando llega a la superficie del suelo es caliente y seco e incapaz de producir precipitaciones.

México es un país cuyo territorio presenta extensas regiones de zonas áridas muy áridas y semiáridas, que cubren el 54.3% de su superficie, en donde vive cerca del 18% de la población nacional (Cervantes, 2002). Una de las regiones situadas al centro de México, es la zona semiárida de los valles localizados a sotavento de la Sierra Madre Oriental, en parte de los estados de Querétaro e Hidalgo, conocida como Zona Semiárida Hidalguense.

Por su posición, las zonas semiáridas se encuentran entre los 14° de latitud sur y 32° de latitud norte, se ve afectado en su porción boreal por el cinturón de alta presión subtropical del hemisferio norte, el cual está formado por dos enormes celdas anticiclónicas: la del Atlántico o Bermuda Azores, y la del Pacífico del Norte, con derivaciones sobre el continente en el norte de México y sur de Estados Unidos (causa de aridez en el norte de México). Así mismo, los macizos montañosos perpendiculares a la dirección de los vientos que soplan del mar obran como una barrera que impide el paso de los vientos húmedos a la vertiente del sotavento, o bien, porque se desvían hacia otras partes.

En nuestro país las zonas áridas y semiáridas se deben a las corrientes marinas frías de California, el efecto de sombra orográfica que ejerce la Sierra Madre Oriental y parte del Eje Volcánico Transversal (González-Medrano, 2012).

Los suelos de zonas áridas y semiáridas o subhúmedas están poco desarrollados y son muy someros, sobre todo en laderas pedregosas o de fuerte pendiente. La diferenciación del perfil del suelo no es muy

marcada. Las propiedades químicas de los mismos están fuertemente influenciadas por las propiedades de la roca madre de la cual se han originado. En estas regiones áridas y semiáridas, por lo general solo la parte superficial del suelo está humedecida, la profundidad de penetración de la humedad depende de la textura y la capacidad de campo. En términos generales, puede decirse que en las zonas áridas y semiáridas de México los suelos pueden agruparse como leptosoles, yermosoles, xerosoles o aridosoles y Solonchac. Sin embargo, la gran variedad de sustratos geológicos, característicos del relieve y condiciones climáticas locales, ha propiciado la existencia de diversos tipos de suelos González – Medrano, 2012.

Desde el punto de vista vegetativo, las plantas de zonas áridas presentan una gran diversidad de mecanismos adaptativos que les han permitido sobrevivir en ambientes con graves restricciones ecológicas, debido a la escasez de agua. Estos organismos por lo general conservan siempre una reserva de agua que se almacena en hojas o tallos suculentos, o bien en tubérculos. Para resistir las elevadas temperaturas, muchas plantas reducen sus hojas a escamas, para disminuir al máximo la transpiración o se modifican y forman espinas. Por ende la gran variedad de comunidades vegetales en zonas semiáridas de México favorece el desarrollo de una rica y diversificada fauna (Cervantes, 2002).

1.2.8 La conservación de suelos con enfoque de cuencas

Una cuenca es un espacio geográfico natural delimitado por los parteaguas de las montañas, y que contiene a los escurrimientos superficiales de agua, conduciéndolos hacia un punto de acumulación terminal o de salida (Cruz, 2003 citado en: Córdova, 2010). Siendo éste, el lugar en donde el hombre interactúa con el medio ambiente; y es bajo este enfoque, en el que se pueden entender las interrelaciones entre los componentes físicos y bióticos que le conforman, así como la identidad cultural y socioeconómica originada por la forma en que la población accede y se apropia de sus recursos naturales (Cotler, 2005).

La intención de trabajar con enfoque de cuencas es porque ésta es un territorio unido natural y socialmente gracias al agua que escurre dentro del mismo. Las condiciones de la biodiversidad, los suelos y las rocas presentes en la cuenca, así como las características de las personas que la habitan y de las actividades que realizan, se reflejan en la cantidad y calidad del agua que escurre desde las cimas hasta la desembocadura de la cuenca. Lo que sucede, se hace y se deja de hacer en las tierras arriba influye en las tierras aguas abajo, y viceversa.

Así, si las personas de una comunidad protegen la biodiversidad, el suelo y el agua en solamente una porción de la cuenca, ciertamente será provechoso para la población y la naturaleza, pero en poca medida, pues no se atiende la unidad territorial a la que pertenece el cerro, la barranca o el valle atendido. En cambio, si se plantean obras para resguardar la biodiversidad, el agua y el suelo en toda la cuenca, ésta recupera su estructura y funcionamiento de manera sostenible para asegurar las generaciones futuras de las personas, las

plantas y los animales que allí habitan (Illsley, 2008). Haciendo énfasis en la erosión del suelo éste, origina problemas de sedimentación, contaminación difusa, azolves e inundación, entre otros y a nivel global, este proceso contribuye al cambio climático a la pérdida de la biodiversidad y la modificación del régimen hidrológico de cuencas internacionales (Maass y García-Oliva, 1990a; Pagiola, 1999; de Graaf, 2000 en Cotler, 2007).

Es a este nivel regional o fuera de la parcela donde las principales consecuencias de la erosión hídrica son:

- ~ Incremento de sedimentos: sepulta cultivos bajos y suelos en partes bajas, afecta infraestructura (casas, pistas, carreteras), azolva presas, lagos, estuarios y canales de riego.
- ~ Altera la red de drenaje hidrológica (dificulta en navegación).
- ~ Disminuye la vida de presas
- ~ Reduce la capacidad de generación hidro-eléctrica
- ~ Incrementa el costo de purificación del agua
- ~ Aumenta turbidez del agua y eutrofización
- ~ Reduce fotosíntesis y supervivencia de vegetación acuática
- ~ Degrada hábitat de peces y altera cadena alimenticia
- ~ Aumenta riesgo de inundaciones por acarreo de material sólido de diferentes fuentes (basurero, jales, aguas negras) que constituyen fuentes de infección.
- ~ Contaminación por metales pesados y componentes orgánicos (provenientes de pesticidas).
- ~ Emisiones de gases invernaderos (CO₂)
- ~ Contaminación de aguas marinas

Recordemos que los procesos de erosión de suelos, tanto hídrica como eólica, afectan principalmente los horizontes superficiales, donde los ciclos biogeoquímicos favorecen la concentración de materia orgánica, nutrientes y una alta y diversa presencia de microorganismos. Estos horizontes, que mantienen la fertilidad de los suelos, se forman en un lapso de centenas a miles de años. Sin embargo, su manejo inadecuado puede destruirlo en un tiempo mucho más corto (Cotler, 2007). Por lo anterior, surge la preocupación de los agricultores para realizar prácticas de conservación de suelos y planear un manejo sustentable de tierras a largo plazo.

Por lo tanto, los beneficios obtenidos al proteger las cuencas hidrográficas, no deja de lado que, los suelos cumplen funciones hidrológicas importantes, al ser éste uno de los principales reservorios de agua dulce. Además, transforman las fuentes erráticas de agua de lluvia en una suplencia continua de agua a las raíces de las plantas, y en continuas descargas de agua a los mantos freáticos y a los torrentes y ríos. Los procesos

hidrológicos, en especial la infiltración y el flujo del agua, determinan la movilización, transporte y acumulación de materiales solubles en agua y de contaminantes de origen natural o antropogénico. Debido a lo anterior, la calidad y disponibilidad de los recursos hídricos está relacionada con las condiciones del suelo y su degradación (FAO, 1996).

I.3 OBJETIVOS

I.3.1 Objetivo general

- ❖ Proponer prácticas de conservación de suelos, adaptadas a condiciones ambientales y sociales de regiones semiáridas, tomando como caso de estudio la Microcuenca La Joya.

I.3.2 Objetivos específicos

1. Llevar a cabo una revisión bibliográfica de prácticas de conservación de suelos adaptadas a condiciones ambientales y sociales de regiones semiáridas, con diferentes grados de deterioro.
2. Generar información morfo-edafológica de la Microcuenca La Joya, con validación de trabajo de campo y laboratorio.
3. Conocer las prácticas locales del manejo del suelo en la Microcuenca La Joya, en conjunto con los habitantes de la misma.
4. Generar una propuesta de prácticas de conservación de suelos adaptadas a las condiciones ambientales y sociales en el área de estudio.

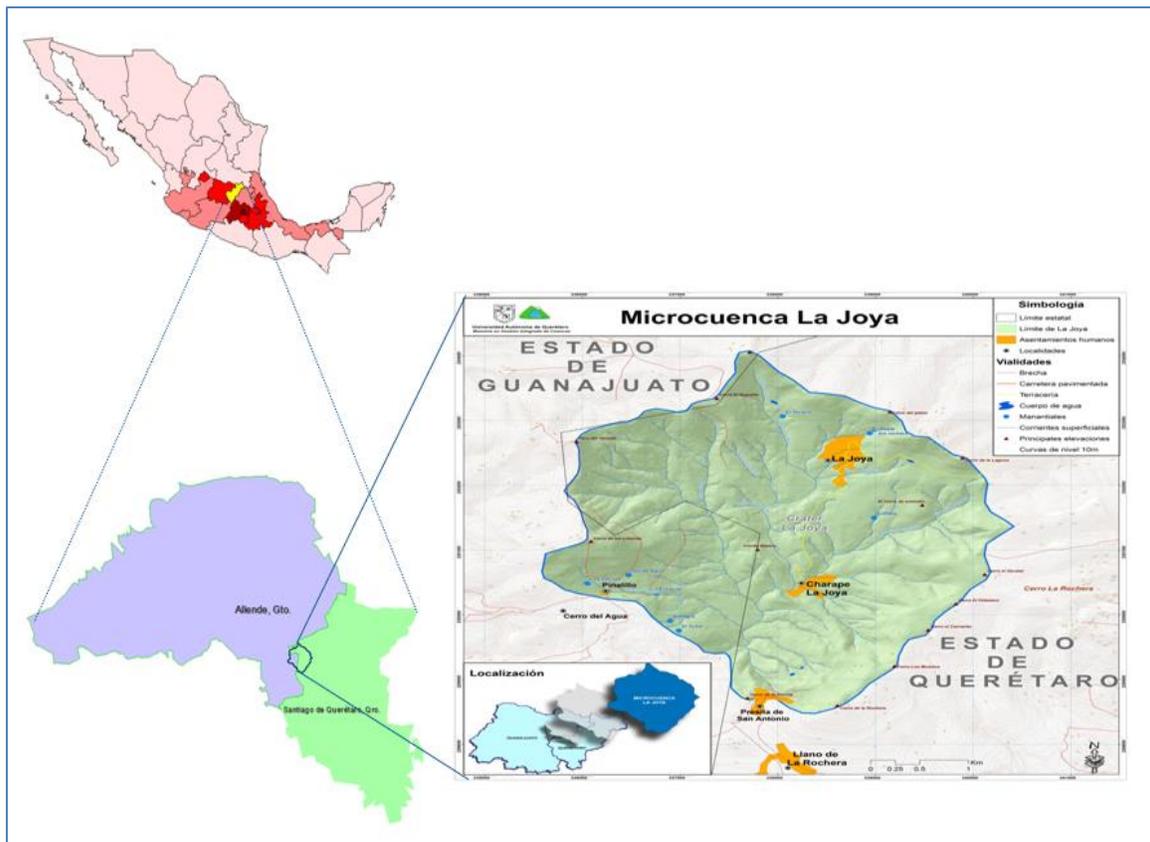
I.4 ÁREA DE ESTUDIO

I.4.1 Localización del área de estudio

La Microcuenca La Joya, se encuentra inserta en el cráter de un volcán, se ubica entre los límites político administrativo de dos estados: Guanajuato y Querétaro, comprende los municipios de Allende y Santiago de Querétaro respectivamente y, específicamente está situada cerca de la Delegación Santa Rosa Jáuregui. Forma parte de la cuenca Río Laja, región hidrológica 12 Lerma-Santiago en la cuenca Lerma-Chapala. Así como, a la subcuenca hidrológica Querétaro-Atlixco. Cuenta con un área total de 1,592 ha o bien 16 Km², representando el 83 % del estado de Querétaro y el 17 % del estado de Guanajuato. Sus coordenadas extremas en unidades UTM (datum NDA27) son: 335000 N; 341000 S; 229800 E; y 2304000 W.

La zona de estudio se inserta en El Bajío el cual se ubica en la porción Oeste del estado de Querétaro; esta región se caracteriza por la presencia de lomeríos, llanuras y sierras bajas que forman parte de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico Transmexicano.

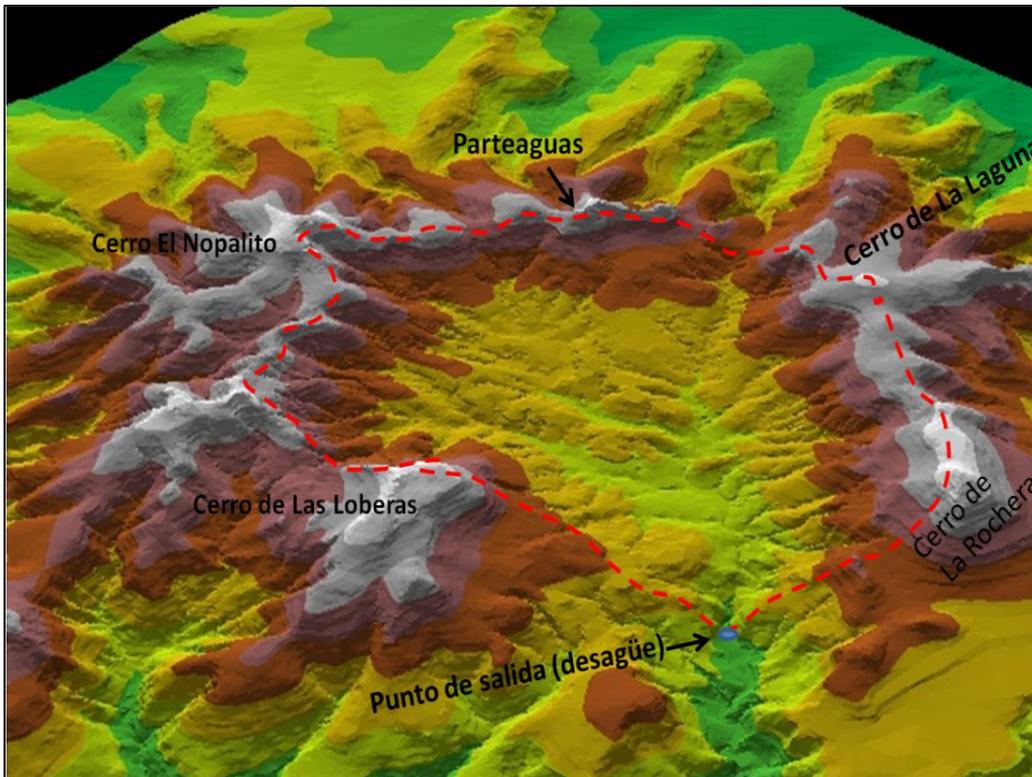
Figura 2. Localización de la microcuenca La Joya.



Unidad base de estudio Microcuenca La Joya

La unidad base de estudio es la Microcuenca La Joya, cuya delimitación topográfica fue determinada a partir del procesamiento de un Modelo Digital de Elevación en el terreno (MDE), que procede de los conjuntos vectoriales del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) con curvas de nivel con equidistancia de 10m.

Figura 3. Unidad base de estudio, microcuenca La Joya.



La línea divisoria natural del terreno de donde descienden los escurrimientos para formar una red hidrográfica está delimitada a partir de las zonas más elevadas de la montaña como Cerro de la Laguna (2610 msnm), Cerro el Nopalito (2610 msnm), Cerro de la Rochera (2710 msnm), Cerro de las Loberas (2730 msnm) que separan la microcuenca La Joya de otras microcuencas contiguas. La superficie de montañas y lomeríos drenan a un cauce común (arroyo La Joya) y desaguan en la Subcuenca Querétaro - Apaseo. La altitud mínima del área de estudio es de 2250 msnm y la altitud máxima es de 2720 msnm, es decir que la microcuenca presenta una diferencia altitudinal de 470 m.

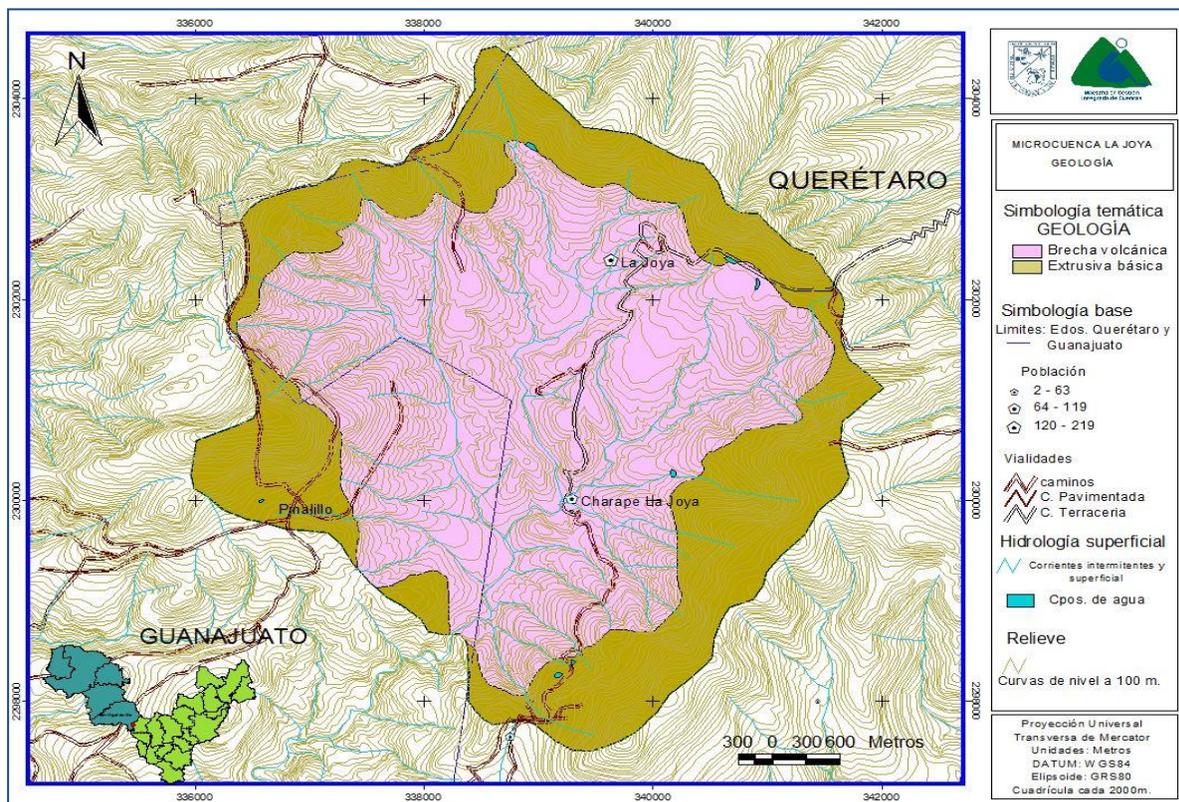
I.4.2 Características biofísicas de la microcuenca La Joya

Dada su localización en el Bajío Mexicano, en la microcuenca La Joya imperan características semiáridas, debido al clima semiseco templado BS1kw (w) (García, 2004), en un 100% de la superficie. Es una zona que recibe más de 400 mm de precipitación, caracterizada por una línea imaginaria "parteaguas" identificando los límites del cráter de un volcán semi-destruido. Por las altitudes La mayor parte del área se caracteriza por pendientes abruptas (escarpes), formando barrancas profundas (parte alta y media de la cuenca de arroyo grande y algunos de sus principales afluentes) deben su aridez a su posición a sotavento de la Sierra Madre Oriental, que originan una sombra orográfica, aunado a las diferencias de desnivel.

El drenaje en la microcuenca es de tipo dendrítico, cuyo punto de salida es la retroalimentación a las corrientes inferiores que drenan hacia la planicie de Celaya, Salamanca y éstas a su vez, se conectan con los ríos principales del Lerma.

Por su ubicación, la **litología** de la zona que comprende la microcuenca de estudio está ubicada dentro de un antiguo cráter volcánico, que concierne a un estrato volcánico Miocénico que pertenece al Cinturón Volcánico Mexicano (CVM). En base a la interpretación de la Carta Geológica de INEGI 1:50,000, está compuesto en sus alrededores por rocas ígneas extrusivas básicas y en su interior por brecha volcánica.

Figura 4. Mapa de litología de la microcuenca La Joya (INEGI, 2005).



Fisiográficamente la microcuenca forma parte del Norte de la provincia del Eje Neovolcánico Transmexicano, según la clasificación del UAEM (2002) se caracteriza por una enorme masa de rocas volcánicas de diferente tipo, acumulada en innumerables y sucesivos episodios volcánicos. Los volcanes se levantan sobre las cuencas rellenas de cenizas, casi todos extinguidos (caso microcuenca La Joya) y en todas las fases erosivas. La Joya corresponde a la Subprovincia de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, Se presenta influencia de la Meseta Central por su cercanía. El sistema de topografía genérico en el que se localiza es de tipo sierra, formado por escudos volcánicos.

Dadas las características fisiográficas y de acuerdo a la clasificación de Köeppen modificada por Enriqueta García (2004), en la microcuenca La Joya se presenta un **clima** semiseco templado BS1kw (w), el cual corresponde al grupo de climas secos (B) de tipo semiseco, el menos seco de los climas secos, con temperatura media anual inferior a los 18° C y con un régimen de lluvias en verano, mayo-septiembre. Con base en la estación climatológica La Joya, la temperatura media anual es de 15.3°C. El periodo más cálido se sitúa entre los meses de abril a junio, con un máximo de 25.3°C de promedio mensual en mayo y el periodo más frío (< 9.0°C) se sitúa entre los meses de noviembre a marzo, con un mínimo de 6.6°C de promedio mensual. La precipitación promedio anual es 612.7 mm.

La microcuenca pertenece a la Región Xerofítica Mexicana, caracterizada por zonas áridas y semiáridas del país y, representa matorrales xerófilos y matorrales espinosos o de mezquitales (Rzedowski, 2006). En la zona se encuentran 4 tipos de **vegetación**: Bosque de encino, Matorral espinoso, vegetación riparia y pastizal inducido; de los cuales, cada uno presenta distintos tipos de perturbación, lo cual se relaciona con el uso de suelo y las diversas presiones que ejercen las actividades de las poblaciones locales. De acuerdo con Sánchez, A. J., (2013) las comunidades vegetales existentes en la zona de estudio son:

Bosque de encino conservado y Bosque de encino perturbado

En la microcuenca, ésta comunidad se caracteriza por la dominancia de especies de encino, entre las que destacan *Quercus castanea* y *Quercus mexicana* con alturas de hasta 8 m, otras especies que se encontraron asociadas son: el granjeno (*Condalia mexicana*), tronadora (*Tecoma stans*) y tepozán (*Buddleia cordata*). El estrato arbustivo no supera los 1.40 m y está formado por *Salvia* sp. y *Cheilanthes* sp. La superficie que comprende este tipo de vegetación en la microcuenca es del 3.61% (57.597 Ha). Aunado a ello, el bosque de encino perturbado representa 6.148% (97.878 Ha) y, las especies dominantes son las mismas que en el bosque de encino conservado *Quercus castanea* y *Quercus mexicana*. Sin embargo, se diferencia debido a que la distribución de los ejemplares es más espaciada, y se pueden observar huecos entre unos y otros. Las especies asociadas son el granjeno (*Condalia mexicana*), nopal tapona (*Opuntia robusta*), Ocotillo (*Dodonaea viscosa*) y Limpia tunas (*Zaluzania augusta*).

Matorral subinerme conservado y Matorral subinerme perturbado

Este tipo de vegetación representa el 9.116% (145.141 Ha) de la superficie de la microcuenca, se puede observar la presencia de especies espinosas en un 50% y especies sin espinas en un 50%. Las especies que se encuentran dominando este tipo de vegetación son: garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), granjeno (*Celtis pallida*), granjeno (*Condalia mexicana*), también se encuentran especies como el palo bobo (*Ipomoea murucoides*) y Tepehuaje (*Lysiloma microphylla*). En comparación con las comunidades conservadas, estas son muy abiertas, y representan el 25.97% (413.472 Ha) de la vegetación de la microcuenca. Los tipos de especies dominantes presentes son similares, excepto que se sumaron otras como: el palo bobo (*Ipomoea murucoides*) y tepehuaje (*Lysiloma microphylla*), Nopal (*Opuntia* spp.) limpia tunas (*Zaluzania augusta*) y tullidora (*Karwinkia humboldtiana*).

Matorral inerme conservado y Matorral inerme perturbado

Este tipo de vegetación corresponde al 6.425% (102.286 Ha), y presenta árboles y arbustos de no más de 4 m de altura, las especies que se pueden encontrar son: garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), granjeno (*Condalia mexicana*), palo bobo (*Ipomoea murucoides*), y palo dulce (*Eysendhartia polystachya*). Haciendo una comparación con las comunidades conservadas de matorral inerme, el perturbado corresponde al 2.979% (47.426 Ha). Las especies que se encontraron como indicadoras de perturbación fueron ocotillo (*Dodonea viscosa*) y limpia tunas (*Zaluzania augusta*).

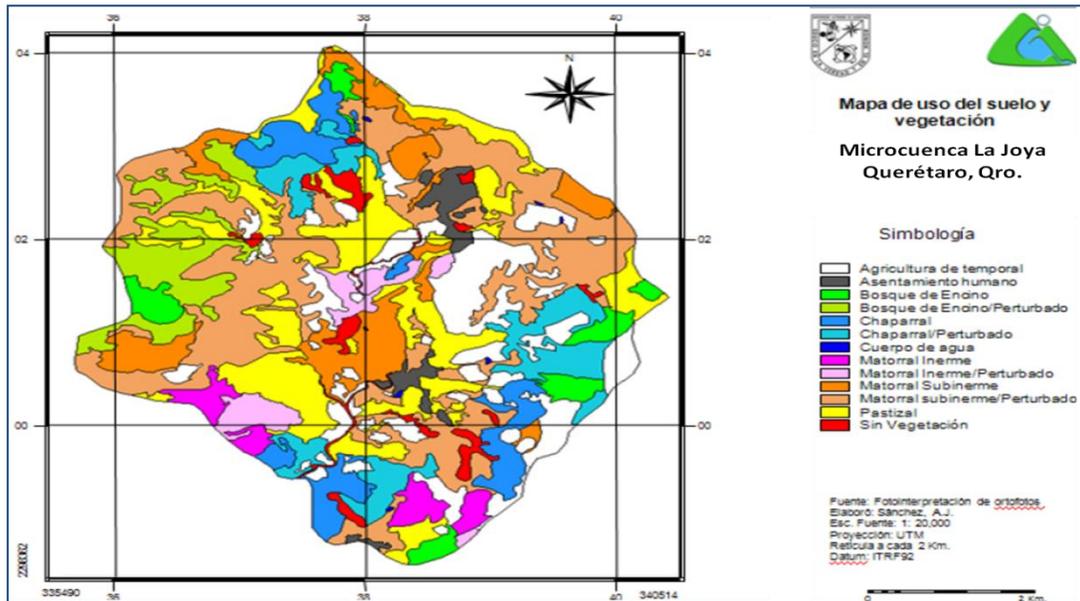
Chaparral conservado y perturbado

El chaparral conservado ocupa un área de 102.286 m², lo que corresponde a un 6.425% del área total de la microcuenca. Está formado por encinos (*Quercus* spp.) con alturas no mayores a los 3 m de alto. El chaparral perturbado es similar en especies, pero presenta espacios abiertos, y corresponde al 7.456% (118.711Ha).

Pastizal

En la microcuenca este tipo de vegetación corresponde al 16.88% (268.756 Ha), las especies herbáceas que se encuentran son dominadas por especies de la familia Poaceae, particularmente por *Aristida* sp., *Bouteloua* sp., *Andropogon* sp. Algunos arbustos que se encontraron entre el pastizal como relictos de vegetación primaria son: Huizache (*Acacia farnesiana*) y Granjeno (*Condalia mexicana*).

Figura 5. Mapa de Uso de suelo y vegetación de la microcuenca La Joya (Sánchez, A. J.,



Las características **morfológicas e hidrológicas** que imperan en la microcuenca se muestran en el Cuadro 1. Es una microcuenca exorreica pequeña, es decir, tiene la cualidad de verter sus aguas en una tercera entidad (las aguas a desaguar en los océanos cada uno de manera independiente o a través de un colector común). De forma circular (cráter de un volcán), sus características morfológicas la describen como una microcuenca con problemas de respuesta hídrica. Con una densidad de drenaje alta, igual a 5.5 km/km², donde el agua es drenada al exterior de la microcuenca casi de manera inmediata, por lo cual el tiempo de retención de agua pluvial es muy corto.

Cuadro 1. Características morfológicas de la microcuenca La Joya (MAGIC, 2009)

Características morfológicas de la Microcuenca La Joya	
Área	1,592.12 Ha = 15.92Km ²
Perímetro	16.9 Km
Longitud	4.7 Km
Índice de forma	1.4
Longitud de cauce	5.9 Km
Densidad de drenaje	5.5 Km/Km ²
Orden de corriente	5

El sistema de drenaje está constituido por una corriente principal, con afluentes intermitentes de corta longitud con diferentes números de orden que van de 1 – 5 caudal que solo está activo en temporada de lluvias (MAGIC, 2009).

I.4.3 Características socioeconómicas de la microcuenca La Joya

Población

De acuerdo al Censo de población y Vivienda (INEGI, 2010), en Charape La Joya están establecidas 19 viviendas de tabique y techos de loza o lámina sostenida por piedras y alambres, se encuentran habitadas por 101 personas aproximadamente, siendo la mayoría niños con un rango de edad de entre 6 y 14 años. En el caso de la localidad La Joya que cuenta con 34 viviendas y 191 habitantes, los rangos de edades que prevalecen son similares al primer caso, pero hay mayor número de niñas y en la localidad del Pinalillo se cuenta con 75 habitantes de los cuales son 36 femeninos y 39 masculinos. En general el 52% de los habitantes de la microcuenca son mujeres; esto puede ser explicado por el alto índice de migración hacia la ciudad y Estados Unidos en busca de empleos y solvencia económica.

La Población Económicamente Activa (PEA) es de 93 habitantes y la población Económicamente Inactiva (PEI) es de 196 habitantes. Del total de habitantes, 253 personas dependen de migrantes y de otras que reciben algún ingreso monetario por su trabajo generando con esto una alta dependencia cuyo valor es de 87.5%, lo cual muestra niveles de pobreza en la cuenca (MAGIC, 2019 En: López, R. E., 2011).

Las principales fuentes de ingresos para los habitantes de la microcuenca son los trabajos eventuales en la construcción en las ciudades de los alrededores como Querétaro, Guanajuato, San Luis Potosi, etc, las remesas provenientes de los familiares que trabajan en Estados Unidos, la ocasional venta de ganado, sobre todo cuando no hay otro bien del cual echar mano y la situación es apremiante. Algunas mujeres jóvenes y solteras salen a trabajar en actividades domésticas en las ciudades y regresan algunos fines de semana a sus casas para llevar dinero o lo que haga más falta a la familia. La población se encuentra subempleada por lo cual la tasa de dependencia del exterior de la microcuenca es muy alta. Según el Consejo Nacional de Población (2005), el grado de marginación de las localidades de la microcuenca es alto (MAGIC, 2009. En: González, 2011).

La PEA que se queda en la microcuenca sin trabajar (desocupados residentes) se dedican a la agricultura y ganadería. Los sistemas de producción son la agricultura de temporal (actividad desarrollada principalmente con tracción animal) y la ganadería en pequeña escala de tipo extensivo (se crían ovinos, caprinos y bovinos, poseen también equinos que sirven de apoyo no solo para jalar la yunta, sino además para el transporte de personas, insumos y materiales dentro de la microcuenca). El cultivo principal es el maíz y como complemento se siembra frijol y calabaza, la cría de animales se realiza como una práctica de ahorro. Las mujeres tienen un

papel importante de apoyo a la agricultura al participar directamente en actividades de la parcela, y corresponde a ellas desarrollar las del hogar, donde además atienden huertos y granjas de traspatio (MAGIC, 2019 En: López, R. E., 2011). Una minoritaria elabora tejidos, macetas y otras pocas (de las tres localidades) le dan valor agregado al nopal (Xoconostle) preparando licor, dulces en almíbar y deshidratados de nopal, para vender en las ferias ambientales en los municipios más cercanos.

Tenencia de la tierra

La superficie que comprende la Microcuenca La Joya está integrada por tierras sujetas a propiedad de régimen ejidal. De acuerdo con el Registro Agrario Nacional (RAN) la superficie dotada, en Marzo de 1931, fue de 1,400.48 hectáreas, de las cuales 870.7 se encuentran destinadas para el uso común; las tierras ejidales de uso común constituyen el sustento económico de ambas comunidades para el uso de agostaderos y reservorio de recursos naturales para la satisfacción de necesidades. En lo que respecta a tierras parceladas consta de 479.48 hectáreas en donde existen derechos de cada titular de aprovechamiento, uso y usufructo de sus parcelas; en ellas en su mayoría están dispuestas a las actividades agrícolas y pecuarias.

Las tierras destinadas al asentamiento humano constan de 38 hectáreas donde se asientan las localidades Charape La Joya y La Joya, que están compuestas por los terrenos donde se ubica la zona de urbanización, dotada de infraestructura para los servicios de salud, educación y agua potable, así como de centros de desarrollo comunitario (MAGIC, 2009).

La localidad el Pinalillo correspondiente al estado de Guanajuato, pertenece al régimen de tenencia de la tierra en su totalidad a pequeños propietarios. Los habitantes se reúnen en juntas comunales en el terreno “El Pinal o Pinalillo” por lo que sólo existe la figura representativa de un Delegado, la Sra. Ma. De la Luz Ruíz Guerrero (Granados, 2011 por: Sánchez, A. J., 2013).

Sistemas de producción

Los sistemas de producción agropecuaria que actualmente se utilizan, en su mayoría no incluyen prácticas de manejo racional y son perjudiciales dada la escasez del agua y la fragilidad del suelo (Casillas s/a En: Cotler, 2004).

La caracterización de los sistemas de producción a escala regional permite lograr una perspectiva integral del uso del territorio, recursos como suelo, agua y vegetación, del manejo actual y las posibles externalidades para la cuenca (Cotler y Fregoso, 2003).

En la microcuenca La Joya el sistema agropecuario se fundamenta en tres aspectos que son: tenencia de la tierra, agricultura, y ganadería. La fuerza de trabajo está constituida por la familia. En las parcelas se lleva a

cabo la actividad agrícola cultivando bajo el sistema milpa, mezclando granos de maíz-frijol, calabaza-chícharo en los surcos de siembra; las labores se realizan por medio de yunta principalmente compuesta por equinos, pues la mayoría de las parcelas están en ladera y cuando la topografía lo permite, contratan tractoristas que llegan a la microcuenca a ofrecer su servicio. La cosecha de los granos sembrados frecuentemente no alcanza para alimentar a la familia durante todo el año y es necesario salir de la microcuenca a comprar los granos faltantes. De la cosecha también se obtiene el rastrojo de la siembra y se recogen las diversas herbáceas que crecen entre el surcado, para en conjunto ser utilizados como alimento para el ganado principalmente bovinos y la yunta en los meses de diciembre a febrero cuando el pasto de las áreas comunes se ve mermado por el pastoreo de bovinos, équidos, ovinos y caprinos. Algunos ejidatarios poseen potreros cuyas dimensiones varían mucho, estos espacios los destinan principalmente para el ganado mayor en los meses de diciembre y hasta que inician las lluvias; los potreros que están integrados a la parcela, se utilizan desde que termina la cosecha en octubre, hasta enero (González, 2011).

Figura 6. Algunas de las actividades productivas que se realizan en la microcuenca La Joya.



BIBLIOGRAFÍA

- Arizmendi, M. C., Ávila, F. López, M. Murguía, S. Rodríguez & S. Solórzano (eds.) 2007. Deterioro Ambiental en Zonas Áridas. Una década de experiencia multidisciplinaria del proyecto UBIPRO. FES Iztacala, UNAM. México.
- Brady, NC 1974. La naturaleza y propiedades de los suelos. 8ª Edición. Macmillan, Nueva York, EE.UU.A.
- Brady, N.C. y R.R. Weil. 1999. The nature and properties of soils. Prentice Hall, EE.UU. 345 pp.
- Bocco, Gerardo. 2007. La Cartografía y los Sistemas de Información Geográfica en el Manejo Integrado de Cuencas. En: Cotler H. 2007. El Manejo Integral de Cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología. México. 347.
- Carrasco J. Jorge y Riquelme S. Jorge, 2003. Métodos y prácticas de conservación de suelos y aguas. Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). Boletín No. 103, 132p.
- Cram Silke, Cotler Helena, Morales Luis Miguel, Sommer Irene, Carmona Estela, 2008. Identificación de los servicios ambientales potenciales de los suelos en el paisaje urbano del Distrito Federal.
- Cervantes, Ramírez. M. 2002. Plantas de Importancia Económica en las Zonas Áridas y Semiáridas de México. Instituto de Geografía, UNAM. México.
- De Graaff, J. 1993. Soil conservation and sustainable land use. An economic approach. Royal Tropical Institute. Amsterdam, The Netherlands.
- Derpsch, R. 1997. Importancia de la Siembra Directa para obtener la Sustentabilidad de la Producción Agrícola; V Congreso Nacional de Siembra Directa de AAPRESID, Mar del Plata, Argentina.
- Domínguez C. M., 2000. Cálculo de la tasa de erosión. En Pineda López R. y Hernández Sandoval L. La microcuenca Santa Catarina, estudios para su conservación y manejo. Universidad Autónoma de Querétaro.
- Doran, J. W., Sarrantonio, M. y Liebig, M. A. 1996. Soil Health and Sustainability. En: D. L. Sparks (Ed.). Advances in agronomy. Vol. 56 Academic press, Inc. pp. 1-54.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), 2004. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Centro de comunicación agrícola, San Pedro Sula, Cortés, Honduras, C.A. www.fhia.org.hn.
- Gisbert, J.M., Ibáñez, S. y Soriano, 2002. Técnicas y medidas sostenibles en conservación de suelos. Fundación Biodiversidad, Universidad Politécnica. Fondo Social Europeo. Curso On Line <http://www.upa.upv.es>. Editorial UPV (CD).

Hernández C., M. E. y E. García (1997), Condiciones Climáticas en las zonas áridas de México, Geografía y Desarrollo, Revista del Colegio Mexicano de Geógrafos Posgraduados, A. C., núm.15, México, pp.5-15.

Organizaciones de normas internacionales (ISO) en ISO 11074-1 de 08/01/1996.

Comisión Nacional de Zonas Áridas (CONAZA), 1994. Mezquite (*Prosopis* sp.). Cultivo alternativo para las zonas áridas y semiáridas de México. CONAZA. Instituto Nacional de Ecología, México. 30 pp.

González – Medrano, F. 2012. Las zonas áridas y semiáridas de México y su vegetación. Instituto Nacional de Ecología (INE – SEMARNAT). 1ra. Edición. ISBN 978-607-7908-69-2. México, D.F. 175 Pág.

Jenny, H. 1994. Factors of soil formation. A system of quantitative pedology. 1st edition. Dover Publications Inc. New York. USA. 191 pp.

Karlen, D. L., M. J. Mausbach, J. W. Doran, R. G. Cline, R. F. Harris y G.E. Schuman 1997. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. Soil Science Society American Journal 61: 4-10.

Lal, R. 1997. Degradation and resilience of soils. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 352: 997-1010.

Larson, W.E. y Pierce, F. J. 1991. Conservation and Enhancement of soil Quality.

Miliarium Aureum, S. L., 2004. Ingeniería civil y Medio ambiente. Madrid España. Boletín N° 28006.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1994. Aspectos claves de las estrategias para el desarrollo sostenible de las tierras áridas. Roma, Italia. M-59. ISBN 92 5 303318-5

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2002. Agricultura de conservación: estudio de casis en América Latina y África. Bolerón de suelos N. 78. Roma.

Roth, C.H. 1985. Infiltrabilität von Latosolo-Roxo-Böden in Nordparaná, Brasilien, in Feldversuchen zur Erosionskontrolle mit verschiedenen Bodenbearbeitungs-systemen und Rotationen. Göttinger Bodenkundliche Berichte, 83: 1-104.

Shaxson Francis y Barber Richard, 2005. Optimización de la humedad del suelo para la producción vegetal “El significado de la porosidad del suelo” Boletín de Suelos de la FAO Núm. 79, Roma.

Sadowski Jerzy y Podkanska Malgorzata, 1996. Soil: Our Wealth.

Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2002. Por: GACGC. Mundo en transition: la treta de los suelos. Informe anual. German consejo Advosory sobre el cambio global. Economica Verlag. Bonn. 1994.

Sojka, R. E., D. R. Upchurch y N. E. Bourlaug. 2003. Quality soil management or soil quality management: performance versus semantics. Advances in Agronomy 79: 1-68.

Pérez, J. 1992. Estudio de la estabilidad estructural del suelo en relación con el complejo de cambio (comportamiento de algunos suelos característicos españoles). Tesis Doctoral. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, 462pp.

Links consultados:

Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD)
<http://www.unccd.int/publicinfo/factsheets/menu.php>

<http://ec.europa.eu/comm/environment/soil/index.htm>.

www.español.hesperian.org: Guía Comunitaria para la Salud Ambiental, 2011.

<http://www.miliarium.com>

CAPÍTULO II. MATERIALES Y MÉTODO

II.1 Trabajo de gabinete

Generación de cartografía utilizada

El área de estudio fue delimitada a partir de un modelo digital de terreno a escala 1:50 000, generado a partir de los conjuntos vectoriales de INEGI, curvas de nivel de 10 m de equidistancia (Elaborado en: Laboratorio de Geomática, correspondiente a la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, 2009).

La generación de cartografía de litología, edafología, tenencia de la tierra, pendientes del terreno, geoformas; se cubrió a partir de los siguientes pasos secuenciales:

- a) *Revisión de antecedentes* Como cartografía de base se consideró el uso del suelo y vegetación del Plan Rector de Producción y Conservación (PRPC) (MAGIC, 2010) a escala 1: 50 000 generado para la zona de estudio, a partir del mapa presentado en el Centro Regional de Capacitación en Cuencas (CRCC) en el Estado de Querétaro (2010), generado de una imagen LANSAT ETM (2000). A partir de estas coberturas se obtuvieron las clases preliminares a considerar dentro de la cartografía de uso del suelo y cobertura vegetal. Así mismo, de acuerdo a las cartas edafológica, litológica y climática a escala 1:50 000 consideradas en el conjunto topográfico de INEGI, (1985) se hizo un primer bosquejo y procesamiento de geoformas preliminares para el análisis inicial en la zona.
- b) *Trabajo de campo y formulación de leyenda* El trabajo de campo consistió en recorridos consistentes y verificación a lo largo del área de estudio. En cada sitio (Unidad de paisaje) se obtuvieron las coordenadas con un geoposicionador, se anotó el tipo de roca, el tipo de vegetación, uso del suelo y geoforma, junto con los antecedentes de la zona y entrevistas informales con los pobladores y el personal del CRCC actual y de años anteriores. Finalmente se determinaron las clases del uso de suelo y los tipos de vegetación, las geoformas y la litología a considerar para la caracterización del área.
- c) *Obtención y procesamiento de imágenes* El procedimiento consistió en generar imágenes de buena resolución (1:20 000). La interpretación de las imágenes se realizó de manera visual, utilizando el software Arc View 3.2 a través de la poligonización de las mismas a una escala 1: 10 000. Finalmente la información cartográfica se integró, proceso y editó en el Software Arc View 3.2.

Manejo de información: Sistemas de Información Geográficas (SIG)

En acuerdo con PNUMA, un sistema de información geográfico, es una herramienta de apoyo a la toma de decisiones relacionadas con el posicionamiento cartográfico de actividades de producción y conservación.

La protección y el manejo racional de los recursos naturales requieren una etapa previa de estudio y evaluación no sólo desde el enfoque meramente descriptivo de los recursos naturales, sino en sus facetas

dinámicas y de relación de éstos con el resto de elementos del medio con una visión integradora (Arizmendi, 2007).

Un Sistema de Información Geográfica (SIG), se puede definir como un sistema para manejar, manipular, analizar y representar datos geográficos espaciales, estos se pueden representar por puntos, líneas y polígonos (Arizmendi, 2007). El propósito es convertir datos en información apta para la toma de decisiones. Una vez alcanzado este objetivo, los SIG permiten representar la información obtenida en forma de mapas y otras bases de datos. El elemento esencial de un SIG es su capacidad analítica. En el caso de las cuencas, los SIG se han utilizado en forma sistemática desde hace por lo menos 20 años. Las aplicaciones más frecuentes han sido en temas tales como modelamiento hidrológico (predicción del gasto, cálculo de probabilidad de avenidas), estimación del balance hídrico, análisis integrado y planes de manejo de cuencas, y definición de zonas prioritarias para la conservación de los recursos naturales (Bocco *et al.*, 2007).

Delimitación de unidades morfo – edafológicas

La cartografía permite analizar al mismo tiempo los diversos componentes del medio (clima, relieve, material superficial, vegetación y uso del suelo, morfogénesis – pedogénesis, entre otros) y su manera de interactuar, y se definen porciones de territorio que poseen estructura, evolución y problemas comunes, denominadas unidades morfo - edafológicas.

La definición de cada unidad morfo - edafológica se hizo a partir de una visión global del paisaje con ayuda de la fotointerpretación y de los recorridos de campo, pero también con la verificación de su homogeneidad con respecto a los componentes biofísicos. Se hizo entonces un análisis de los componentes biofísicos de cada unidad morfo - edafológica, en la cual aparecen como homogéneos (Rossignol, 1985).

Las interacciones entre componentes permiten entender el funcionamiento de las unidades de paisaje, su evolución y su dinámica. Así mismo, se prevé como actúa un componente sobre los demás.

La delimitación de las formas de relieve consistió en la utilización de curvas de nivel de 10m de equidistancia en el área, un modelo digital de elevación (MDE) derivado de las mismas, y un mapa de pendientes con clasificación en porcentajes. La interpretación se realizó básicamente en las diferencias puntuales de los modelos morfográficos. Las características que distinguen las geoformas, utilizadas en su delimitación y que forman parte de la leyenda fueron:

Litología

De acuerdo con Bocco *et al*, 1999; las rocas en las cuales se desarrolla el relieve, están relacionadas con el origen de las formas del terreno y los procesos que lo modelan actualmente. El análisis litológico se hizo a partir de las cartas, a escala 1:50 000.

Pendiente

Los procesos de modelado del terreno dependen de la inclinación de las pendientes. La información de pendientes se obtuvo a partir de la generación del modelo digital de elevación clasificada por Mitchell.

Uso de suelo y vegetación

El enfoque de cuencas nos da la posibilidad de evaluar y de explicar las externalidades resultantes de los diferentes usos del suelo. Por ésta razón se considera que las cuencas hidrográficas constituyen un marco apropiado para el análisis de los procesos ambientales generados como consecuencia de las decisiones en materia de uso y manejo de los recursos suelo, agua y vegetación; la presencia de estos factores indican, de alguna manera, las cualidades o características del área donde se ubican. Se utilizó la cartografía de uso de suelo y vegetación generada en el Laboratorio de Geomática. El uso de suelo y la vegetación fue utilizado para caracterizar las topoformas.

II.2 Verificación y trabajo de campo

Verificación de campo de las unidades morfo-edafológicas

Se tomaron muestras en 17 sitios, durante los periodos de Agosto (2012) a Enero (2013), realizando así un recorrido prospectivo a lo largo de la cuenca para reconocer las unidades previamente definidas y hacer

Figura 7. Medición de cárcavas, tomada por la autora



correcciones en los mapas elaborados en gabinete. Después del recorrido de campo, se discutió la estrategia para el levantamiento de suelos, acordando trazar transectos (catenas) en las zonas más representativas de la cuenca, incluyendo la mayoría de las unidades geomorfológicas,

basados en dichas unidades geomorfológicas; tomando puntos mediante un geoposicionador (GPS) y una brújula, para corroboración de datos como son pendiente, orientación, tipo de suelo, litología.

Para cada unidad se hicieron observaciones, que fueron registradas en fichas de control (ver anexo 1 y 2), en las cuales se anotaron características generales del sitio como: geoforma, uso del suelo, tipo de vegetación, litología, pendiente, rasgos de degradación de campo en función de: 1) degradación de la cobertura vegetal; 2) indicadores de erosión y 3) signos de compactación y encostramiento.

Levantamiento de suelos

En el proceso del recorrido y verificación de campo, se llevaron a cabo una serie de evaluaciones *in situ* (se analizó un perfil de suelo por cada unidad representativa), en total se hicieron 16 levantamientos de suelos, en los cuales, se tomó una muestra de suelo (aproximadamente 1Kg) de cada horizonte, buscando que la muestra estuviera lo menos alterada posible, la misma fue etiquetada y se mantuvo a temperatura ambiente para su posterior análisis en el laboratorio, para obtener diferentes parámetros edáficos de relevancia y así conocer el estado actual del suelo. Los datos registrados se llevaron a cabo siguiendo las especificaciones del manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo (Siebe *et al.*, 1996). A continuación se desglosa la metodología y materiales de las características que se tomaron en campo:

Figura 8. Análisis *in situ* de suelos, tomada por la autora.

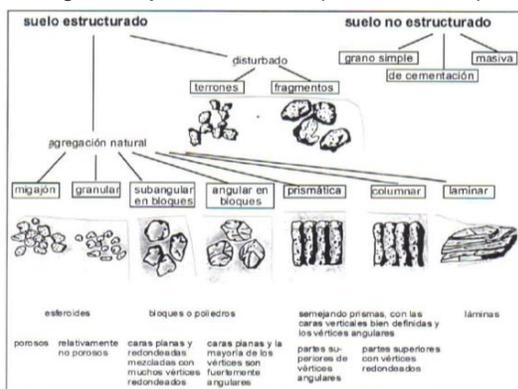


Estructura

Es un término que se refiere a la agregación de las partículas primarias en partículas compuestas. La

estructura influye determinantemente en el balance hídrico y térmico, al igual que en la aireación de un suelo e, indirectamente, en la actividad biológica, el potencial de rendimiento y la erosionabilidad.

Figura 9. Tipos de estructura (Siebe *et al.*, 2006).



Un agregado natural (o ped) es producto de las interacciones de los procesos físicos, químicos y biológicos que ocurren en los suelos, en contraste con un terrón, que es producto de un disturbio (por ejemplo, labranza), o un fragmento. También difiere de una

concreción o nódulo, debido a que estos últimos son producto de la concentración local de compuestos que cementan irreversiblemente un conjunto de granos.

En el campo se describió la macro estructura, haciendo referencia a la morfología y distribución mutua (tipo) de los agregados, su tamaño (clase) y su grado de desarrollo o agregación. En el diagrama adjunto se esquematizan y describen los tipos de estructura:

Pedregosidad

Al estimar la textura al tacto, también se reporta el material grueso en porcentaje de volumen (vol. %), es decir, material de tamaños mayores que 2mm, claramente visibles en la palma de la mano al hacer la prueba al tacto. Además de señalar el porcentaje en volumen, también debe mencionarse el tamaño dominante y el tipo de partículas gruesas, apoyándose en la siguiente tabla:

Cuadro 2. Los diferentes tamaños y tipos de pedregosidad en el suelo (Siebe et al., 2006).

tamaño [mm]	formas angulares		formas redondeadas		formas angulares y redondeadas		piroclastos	
	denominación	clave	denominación	clave	denominación	clave	denominación	clave
2-6.3	cantos finos	Cf	gravas finas	Gf			lapili	La
>6.3 - 20	cantos medianos	Cm	gravas medianas	Gm			bombas y bloques	BoV BV
>20-63	cantos gruesos	Cg	gravas gruesas	Gg				
>63-200					piedras	P		
> 200					bloques	B		

Potencial de hidrógeno (pH)

Se tomó una muestra de suelo de cada horizonte (relación suelo – solución 1:2.5) de agua destilada. La determinación se realizó después de agitar la muestra y esperar por lo menos 15 minutos, de reposo finalmente se obtuvo el pH del suelo con papel indicador. El pH se estimó por cada horizonte en el perfil.

Humedad

La humedad actual representa el grado de saturación con agua (también referible como fuerza de succión) del suelo en el momento de hacer la descripción. Se puede estimar de acuerdo con la siguiente relación:

Cuadro 3. Humedad actual en el suelo (Siebe *et al.*, 2006).

oprimir la muestra	formar una esfera	humedecerla	frotarla entre las palmas de las manos	designación	pF
se forma polvo	no se puede	se oscurece mucho	no se aclara	muy seca	5
no se forma polvo	no se puede	se oscurece notablemente	se aclara muy poco	seca	4
no se forma polvo	moldeable (a menos que sean arenas)	no se oscurece	aclara notablemente	fresca	3
adhesiva	al exprimirla brilla un poco	no se oscurece	se aclara notablemente	húmeda	2
tiene agua libre	fluye	no se oscurece	se aclara notablemente	mojada	1

Porosidad

Este rubro incluye todo tipo de poros, grietas, canales de lombrices y raíces etc. Todos ellos son de importancia para el drenaje interno y la aireación del suelo. Debe describirse su abundancia, tamaño dominante, distribución y forma, para lo cual se utiliza una lupa: la porosidad se estimó en cada horizonte del perfil en aproximadamente 5cm² del horizonte.

Abundancia

Pocos: 1 – 50 por dm²

Comunes: 51 – 200 por dm²

Muchos: más de 200 por dm²

Tamaño:

Micro: <0.075mm

Muy finos 0.075 a 1mm

Finos: 1 – 2 mm

Medianos: 2 – 5 mm

Gruesos: > 5mm

Distribución:

Dentro de agregados: La mayoría de los poros está dentro de los agregados (inped).

Fuera de los agregados: La mayoría de los poros está entre las caras de los agregados (exped).

Forma:

Vesiculares: aprox. Esféricos, no elongados

Intersticiales: de formas irregulares

Tubulares: aprox. Cilíndricos

Profundidad y densidad de raíces

La profundidad de raíces se reportó en dm² y se incluyeron todos los horizontes en los cuales se observaron más de 1 raíz fina (diámetro < 2mm) por dm². La intensidad de raíces se evaluó contando las raíces finas en un área representativa dentro de un horizonte de 1dm².

Raíces finas /dm ²	Clasificación
<1	Nula
1 – 2	Muy baja
3 – 5	Baja
6 – 10	Mediana
11 – 20	Alta
21 – 50	Muy alta
>50	Extremadamente alta

Límite entre horizontes

Los límites de los horizontes se describen en cuanto a su claridad y de acuerdo con la topografía que presentan:

<u>Claridad:</u>	<u>Topografía:</u>
Abrupto (<2 mm)	Uniforme
Claro (2 – 5 mm)	Ondulado
Gradual (5 – 12mm)	Irregular
Difuso (> 12mm)	Quebrado

Color

Se determinó el color del suelo por cada horizonte, para hacer inferencias en relación con algunas características edáficas y procesos pedogenéticos. Para ello se utilizaron las tablas de color Munsell, (1975) método que compara el color de la muestra de suelo humedecida con los colores de tablas de color, que funcionan bajo una designación sistemática con letras y números de las tres propiedades del color: matiz, pureza (de oscuro a claro) e intensidad, por ejemplo: 10YR 3/2, 10YR=MATÍZ, 3= pureza, 2= intensidad.

Levantamiento de rasgos de degradación

Los rasgos de erosión del suelo en la zona de estudio, se definieron a partir de las descripciones y estimaciones del Manual para la Evaluación de Campo de la Degradación de la tierra Stocking y Murnaghan, 2001. Para realizar la evaluación directa de la erosión del suelo se hicieron recorridos de campo en el área de estudio, tomando como base las unidades morfo-edafológicas de la microcuenca (montaña, lomerío, abanico coluvial y terraza aluvial).

Para cada unidad se hicieron observaciones y se identificaron, los tipos de degradación y los indicadores de pérdida del suelo de los cuales, de cada sitio de muestreo se midieron diez indicadores (pedestal, cárcavas, reguero, terraceta) para hacer los cálculos en base al manual de Stocking y Murnaghan, (2001). Cada punto de muestreo fue georeferenciado con un GPS (Sistema de Posicionamiento Global). Entre otras características se tomaron en cuenta el uso de la tierra, la pendiente, el material parental y la historia de la zona. Estos datos fueron cartografiados y extrapolados a las unidades de estudio. A continuación se muestran los resultados por unidad (ver cuadro 5).

Posteriormente, de la verificación de campo en gabinete se actualizaron y reinterpretaron los mapas de litología, edafología y geomorfología a través de los Sistemas de Información Geográfica en específico en el programa Arc View 3.2. De dicha información se integraron los factores biofísicos para obtener como resultado un mapa morfo-edafológico, con ello y, la evaluación del estado de los suelos se generó un sistema morfo-edafológico.

Indicadores de pérdida de suelo

La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión.

Estos a su vez generan la degradación del suelo que comprende una amplia gama de procesos biofísicos y socioeconómicos, los cuales hacen que su evaluación sea difícil de agrupar en unas pocas medidas simples. La erosión se produce en una variedad de escalas de tiempo desde una sola tormenta hasta muchas décadas, y sobre muchas escalas espaciales, desde el lugar de impacto de una simple gota de lluvia hasta todo el conjunto de la cuenca. La erosión del suelo ha sido una importante preocupación de científicos y técnicos en planificación por al menos dos razones. Primero, en zonas secas la ecología es extremadamente frágil y la velocidad de erosión suele ser mayor. Segundo, los animales domésticos, especialmente caprinos, han sido, a menudo, degradadores de tierras áridas.

Para interpretar y/o evaluar la degradación del suelo por erosión en la Microcuenca, se tomaron en cuenta los indicadores de campo propuestos por Stocking y Murnaghan, 2001. En su Manual para evaluación de campo de la degradación de la tierra.

1. *Impacto de las gotas de lluvia sobre el suelo*: Dispersión de los agregados del suelo en sus partículas elementales (texturales). Puede formarse una costra superficial o un sello (sellado) que impide una adecuada infiltración del agua generando su pérdida por escorrentía superficial.
2. *Erosión laminar*: Consiste en la remoción de delgadas capas más o menos uniformes de suelo sobre una superficie. Es la forma menos perceptible del flagelo erosivo y, por ello, la más peligrosa.
3. *Microrelieve*: Morfología específica del sitio en el que se puede distinguir un relieve caracterizado por microsurcos o pequeñas crestas entrecruzadas (denominado erosión difusa).
4. *Pedestales*: es una columna de suelo que queda en pie a partir de la superficie erosionada circundante, protegida en su parte superior por una capa de material resistente (tal como una piedra, raíz o planta)
5. *Formación de surcos*: Depresión lineal poco profunda (menos de 20cm), o canal en el suelo, que transporta agua después de lluvias recientes
6. *Terracetos*: Tipo de erosión causada por el ganado cuando camina en terrenos de ladera. El paso continuo del ganado sumado a su peso ejercido en el área de desplazamiento por las pezuñas, produce una compactación y la formación de pequeñas terracetos que pueden degenerar posteriormente en formas erosivas de surcos y cárcavas.
7. *Cárcavas*: es una depresión profunda, canal o barranco en un paisaje, semejando una superficie reciente y muy activa para drenaje natural.
8. *Remoción en masa o deslizamiento*: es la acción del agua que se infiltra en suelos arcillosos (tienden a contraerse y/o expandirse), y se someten a un desequilibrio ante dicha acción y al efecto de la gravedad.. A menudo, muchos deslizamientos someros evolucionan hacia flujos de clastos (piedras, cantos bloques de rocas). En principio, si no actúan otros procesos erosivos se puede hablar más de desplazamiento que de pérdida del recurso.
9. *Exposición de raíces de plantas/árboles*: describe una situación donde la base del tronco del árbol o las raíces laterales están parcialmente expuestas por encima de la superficie actual del suelo.
10. *Montículos a pie de árbol*: describe la situación en la que el suelo bajo la "copa" del árbol está a un nivel mayor de altura que el suelo del área circundante. Un montículo a pie de árbol tiene aproximadamente la misma forma y diámetro que la "copa" del árbol que sobresale por encima.
11. *Acumulación contra tronco de árbol/tallo de planta*: Acumulación de suelo sobre la cara de la parte alta de la pendiente, de un tronco de árbol o un tallo de planta.

12. *Palada o cascada de agua*: describe una depresión u hoyo, establecido inmediatamente junto a la planta u otra obstrucción en la cara descendiente de la pendiente.
13. *Capa acorazada*: es la concentración, en la superficie del suelo o de las partículas más gruesas del suelo que, en condiciones normales, estarían aleatoriamente distribuidas en la parte superior del suelo. Tal concentración de material grueso indica, generalmente, que las partículas más finas han sido extraídas selectivamente por erosión.
14. *Pasillos de flujo*: Lavado superficial marcado por la escorrentía que lleva a superficies suavizadas en dirección del flujo.

Algunas de las características que se tomaron en cuenta y el procedimiento para estimar la pérdida del suelo se muestra a continuación:

La altura de los pedestales se midió usando una cinta métrica. Asumiendo que la tapa que lo protege estuvo en la superficie cuando se inició la erosión, la medición se hizo desde la base de la piedra o el material de la tapa a la base del pedestal, donde se encuentra la superficie del material erosionado circundante. La diferencia entre la altura del pedestal y la de la superficie del suelo circundante representa el suelo perdido desde que el suelo fue perturbado por última vez, por arado u otras prácticas agrícolas. Por consiguiente, conociendo el tiempo transcurrido desde la perturbación, es posible estimar la tasa o velocidad de pérdida de suelo. Se midieron 10 pedestales en cada sitio de muestreo (junto al análisis *in situ* de suelo, haciendo un cuadrante de 5 X 5m), de esta manera se expresa la erosión general o el descenso de la superficie de la tierra como un promedio de estas alturas. Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Alt. Med. Pedestal} = \frac{\sum \text{Máxima altura del pedestal (mm)}}{\text{Número de medida}}$$

Pérdida del suelo (t/ha) = Altura media pedestal (mm) X densidad aparente X área

Las cárcavas, generalmente, tienen un fondo plano y costado en pendiente, y esto hay que tenerlo en cuenta. En la medición de cárcavas, la estimación que se hace es de la cantidad de suelo desplazado del área que ahora está ocupada por los surcos de la cárcava. Este cálculo no incluye ninguna estimación de la cantidad de erosión laminar que se produce sobre la tierra adyacente a la cárcava.

Para calcular la cantidad de suelo perdido, es necesario medir la profundidad, anchura en el borde superior y en la base y longitud de la cárcava. Se midieron 10 cárcavas en cada sitio de muestreo en un cuadrante de 10m², las medidas se llevaron a cabo con una cinta métrica de 30 – 100m.

La extensión de la cabecera de una cárcava depende mucho de la condición de la cuenca, producción de sedimentos por erosión laminar y tasas de escorrentía. A medida que crece una cárcava, gran parte del suelo perdido puede provenir de las paredes de la cárcava y no de láminas de suelo erosionados. Si se realizan medidas de conservación en las cuencas, o éstas se reforestan, las cárcavas pueden estabilizarse y cicatrizarse, los cálculos para estimar una aproximación en la pérdida de suelo por cárcavas son los siguientes:

1.- Calcular el área media de la sección transversal de la cárcava, usando la fórmula (Media de Anchura al borde superior + Media de Anchura en la base) / 2 X profundidad: anchura media al borde superior + anchura media en la base / 2 x profundidad (m) = área transversal (m²).

2.- Calcular el volumen de suelo perdido de la cárcava en proporción a la longitud de la cárcava: área sección transversal (m²) x longitud (m) = volumen perdido (m³).

3.- Convertir el volumen perdido a un equivalente por metro cuadrado, en proporción al área de la cuenca (km² o m²): volumen perdido (m³) / área cuenca (m²) = suelo perdido (m³/m²).

4.- Convertir el volumen perdido a toneladas por hectárea sobre el global del área de la cuenca: suelo perdido (m³/m²) x conversión a t/ha =suelo perdido.

La medición más común de los surcos (regueros), es el cálculo del volumen de suelo que ha sido directamente erosionado para crear el reguero. Para calcular la cantidad de suelo perdido, se midió la profundidad, anchura y longitud de los regueros. Lo anterior se tomó en cuenta en un área de 10m², donde se registraron las mediciones de 10 regueros; con la finalidad de tener un área media de su sección transversal. Este promedio es apropiado dado que un reguero no tendrá una anchura y/o profundidad constante en toda su longitud. Estas mediciones del área media de la sección transversal y de la longitud se usan para calcular el volumen de suelo que ha sido desplazado ladera abajo.

La erosión en terracetas (patas de vaca), es causada por el ganado vacuno que camina en terrenos de ladera, formando caminos en zigzag dejados en los potreros por el paso continuo. La medición se hizo usando una cinta métrica. Asumiendo que el escalón que se observa no existía cuando se inició la erosión, la medición se hizo de la base del escalón a la tapa del mismo. La diferencia entre la altura de la terraceta y la de la superficie del suelo circundante representa el suelo perdido desde que el suelo fue perturbado por última vez, por el pisoteo constante del ganado. Por consiguiente, conociendo el tiempo transcurrido desde la perturbación, es posible estimar la tasa o velocidad de pérdida de suelo. Se midieron 10 terracetas en cada sitio de muestreo (junto al análisis *in situ* de suelo, haciendo un cuadrante de 5 X 5m), de esta manera se expresa la erosión general o el descenso de la superficie de la tierra como un promedio de estas alturas. Se calculó de la siguiente manera:

$$\text{Alt. Med. terracetos} = \frac{\sum \text{Máxima altura del pedestal (mm)}}{\text{Número de medida}}$$

Número de medida

Pérdida del suelo (t/ha)= Altura media terracetos (mm) X densidad aparente X área

El grado de afectación de los procesos erosivos fue clasificado de acuerdo a la metodología ASSOD para la Evaluación de la Degradación del Suelo Causada por el Hombre (Van Lyden y Oldeman, 1997) de acuerdo a su intensidad:

Cuadro 4. Clasificación del grado de afectación del proceso erosivo, de acuerdo a la metodología ASSOD

Grado de afectación	Procesos
Sin erosión No se aprecia pérdida del suelo por arrastre superficial	Estabilidad de terrenos por condiciones naturales o antrópicas
2. Ligera La parte más arable, cuando existe, se adelgaza uniformemente; la erosión laminar es apenas perceptible	Erosión difusa Indicios de microrelieve
4. Moderada La capa arable ha perdido espesor; se aprecian surcos. Ocurre en más del 75% del área.	Erosión difusa Microrelieve
6. Moderadamente fuerte: Pérdida del 40-50% del horizonte orgánico. Ocurre en más del 75% del área. Requiere de prácticas mecánicas para la restauración y conservación del suelo.	Erosión combinada (difusa, surcos, terracetos y pedestales)
8. Fuerte: Pérdida casi total del horizonte orgánico; se presentan surcos frecuentes y cárcavas aisladas. Ocurre en más del 75% del área. Requiere de prácticas mecánicas para la restauración y conservación del suelo.	Erosión combinada (cárcavas, deslizamientos y derrumbes)
10. Extrema. Pérdida total. Cárcavas en una densa red y paisajes sin vegetación.	Cárcavas Remoción de masas.

II.3 Métodos de laboratorio: análisis de densidad aparente (d.a), textura y materia orgánica (carbono):

Las muestras de suelo fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Calidad de Suelo y Agua de la Maestría en Gestión Integrada de Cuencas, obteniendo parámetros como textura, densidad aparente y contenido de materia orgánica (carbono).

Determinación de densidad aparente (D.A.)

La densidad aparente es una de las propiedades del suelo que reviste mayor importancia y se refiere a la relación entre la masa de suelo seco por unidad de volumen (Cabalceta, 2009). Explicando en sí, la relación entre peso de la fase sólida y el volumen total, incluyendo al espacio poroso. Está relacionada con la textura y se expresa en g/cm³.

La densidad aparente afecta el crecimiento de las plantas debido al efecto que tienen la resistencia mecánica y la porosidad del suelo sobre las raíces. Con un incremento de la densidad aparente, la resistencia mecánica aumenta y la porosidad disminuye (Cabalceta, 2009). Por ello se considera como un parámetro edáfico que permite calcular la porosidad del suelo, y el deterioro de sus propiedades físicas por procesos de compactación (USDA, 1999).

Para este estudio, se siguió el método del cilindro (Porta *et al*, 1994), que consiste en tomar una muestra de suelo con un cilindro de volumen conocido. La técnica consistió en el uso de anillos de diámetro de 9 cm y una altura de 4 cm (vol. de 113.04 cm³), los cuales se introdujeron en el suelo con golpes suaves de martillo sobre una base de madera. Posteriormente, con la ayuda de una espátula los anillos se removieron cuidadosamente del suelo, con lo cual se obtuvieron muestras inalteradas, se etiquetaron, envueltas en papel aluminio y almacenadas en bolsas de plástico. Posteriormente en el laboratorio se pesó la muestra y se puso a secar en una estufa a 105°C por 24 horas. Secas, las muestras se volvieron a pesar.

Figura 10. Método del cilindro (Porta et al, 1994).



Para determinar la densidad aparente se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{D.A. del suelo (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Peso del suelo (seco)}}{\text{Volumen}}$$

Determinación de textura

La textura del suelo es la proporción relativa por tamaños de partículas de arena, limo y arcilla; las cuales al combinarse permiten categorizar al suelo en una de las 12 clases texturales. La determinación del tamaño de partículas del suelo puede realizarse entre otros métodos por el procedimiento de la pipeta (procedimiento utilizado para esta investigación)

Procedimiento

Pre-tratamiento de la muestra, digestión de la materia orgánica (m.o.).

- 1) Tomar 100 g de suelo seco, tamizarlo a través de una malla de 2 mm y colocarlo en un vaso de precipitado de 1 L, agregar agua destilada hasta cubrir el suelo.
- 2) Adicionar 10 ml de agua oxigenada al 6% y con el agitador de vidrio revolver durante 10 minutos.
- 3) Agregar otros 10 ml de agua oxigenada y observar si se da una reacción violenta con producción de espuma; si esto sucede agregar 10 ml de agua oxigenada cada 15 minutos, hasta que no se produzca espuma.
- 4) Colocar el vaso en la parrilla o plancha eléctrica ubicada dentro de la campana de extracción, y calentar hasta 90°C.

Dónde:

A = peso de la muestra.

B = peso de arenas.

% de arcilla = $(E / A) \times 100$.

C = peso de arcilla + limo = $(A - B)$.

% de limo = $(F / A) \times 100$.

D = peso del suelo en la alícuota (partículas < 0.002 mm).

E = peso de arcilla = $D \times 8$.

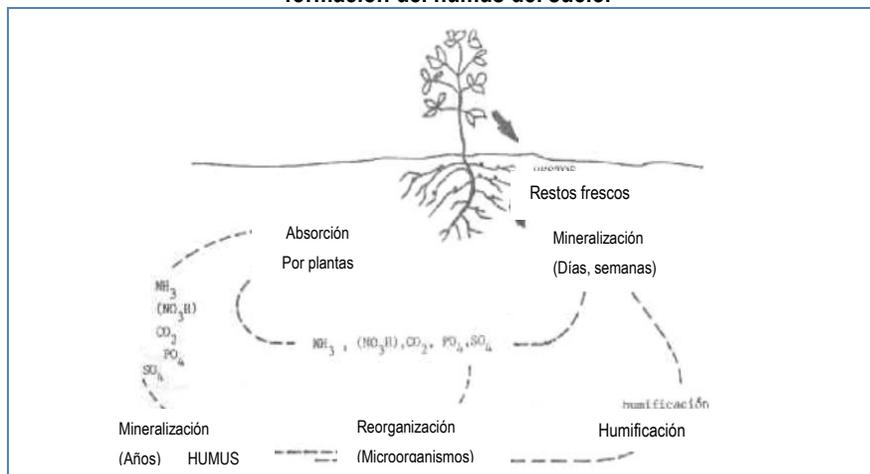
F = peso del limo = $A - B - E$.

Con los porcentajes de arena, limo y arcilla y mediante el uso del triángulo de textura se determina la textura del suelo.

Determinación de materia orgánica (M.O)

La descomposición de residuos de plantas y animales en el suelo constituye un proceso biológico básico en el que el carbono (C) es recirculado hacia la atmósfera como dióxido de carbono (CO₂), el nitrógeno (N) está disponible como amonio (NH₄⁺) y nitrato (NO₃⁻) y otros elementos asociados (P, S, y varios micronutrientes) aparecen en la forma requerida por las plantas superiores. En este proceso parte del C es asimilado dentro del tejido microbiano (la biomasa del suelo) y parte es convertido en humus. Parte del humus nativo es mineralizado simultáneamente, en consecuencia el contenido total de materia orgánica es mantenido a un nivel

Figura 12.- Esquema del proceso de descomposición de los restos orgánicos y la formación del humus del suelo.



estable característico del suelo y del manejo del sistema. De acuerdo con la Agencia de Protección Ambiental EPA - 415.1, Norma Oficial Mexicana y con el procedimiento del manual the solid sample, module for toc-l series total organic carbon analyzer, 2010. Se determinaron las

concentraciones de materia orgánica en los suelos de la microcuenca La Joya por unidades de paisaje.

1.- Pesar una muestra de suelo de 35 mg para determinar Carbono Inorgánico (IC) y una muestra de suelo de 20 mg para determinar Carbono Total (TC), en una capsula de porcelana.

2.-Para determinar IC y TC, es necesario que, el equipo esté instalado a una temperatura controlada y con la curva de calibración adecuadamente examinada para el lote de muestras que se desee leer.

3. Introducir la capsula con 35 mg de suelo en el área correspondiente del módulo de muestras sólidas, para determinar Carbono inorgánico (IC). Reintroducir la muestra en la posición de cambio de muestra (SAMPLE CHAMGE), empujar suavemente la perilla a la posición de medición (MEASURING), esperar 3 minutos, agregar ácido nítrico al 0.2% y finalmente empujar la perilla a posición de cambio de muestra (SAMPLE CHANGE).

4.- Introducir la capsula con 20 mg de suelo en el área correspondiente del módulo de muestras sólidas, para determinar Carbono Total (TC). Reintroducir la muestra en la posición de cambio de muestra (SAMPLE CHAMGE), empujar suavemente la perilla a la posición de medición (MEASURING), en tres minutos aproximadamente el equipo mostrara una ventana indicando que debe cambiar la muestra a posición de enfriamiento (COOLING) y finalmente a posición de cambio de muestra (SAMPLE CHANGE).

CAPÍTULO III. ANÁLISIS MORFO – EDAFOLÓGICO: RESULTADOS

La preocupación de la sociedad por los problemas ambientales que aquejan a los recursos naturales, ha conllevado a nuevos paradigmas en la forma de abordarlos, en donde el enfoque multidisciplinario, es esencial para comprender la complejidad del medio ambiente y de sus problemas y proponer estrategias y acciones integrales que permitan dar una solución más adecuada y efectiva a los mismos. En el caso de las ciencias del suelo, la necesidad de generar e incorporar en la toma de decisiones la información edáfica, se ha vuelto cada vez más importante en términos de la sustentabilidad del manejo de tierras, procurar la salud de los ecosistemas y de los ciclos biogeoquímicos que dependen del estado del suelo.

En el campo de la valorización y de la conservación de las tierras, la Geomorfología dinámica apareció rápidamente como disciplina complementaria de la Edafología y el enfoque resultante, fruto de la simbiosis, recibió el nombre de morfo-edafología.

La perspectiva morfo – edafológica consiste en acceder al conocimiento del medio físico, tanto en su descripción como en su dinámica. Dando así, la pauta de evaluar el suelo para la planeación de su uso (Kilian 1973, citado por: Geissert 1987). Este enfoque se basa en la premisa de que la formación y el desarrollo de suelos se encuentran estrechamente ligados al conjunto de fenómenos que modifican el relieve, dado que los factores formadores que en ellos influyen son los mismos. Así, la pedogénesis (formación de suelos) se considera a la vez como componente y como resultante de la morfogénesis: como componente porque se inicia con la descomposición de la roca y condiciona la preparación del material que posteriormente será sometido a los procesos de ablación; como resultante porque se desarrolla en un medio creado por la morfogénesis. En este sentido, la geomorfología facilita la segmentación del paisaje en unidades discretas donde puede explicarse la formación, el desarrollo y la vulnerabilidad de los suelos (Cotler, 2003).

Las unidades morfo-edafológicas son porciones de territorio que poseen una estructura, dinámica y problemas comunes. La estructura representa la organización espacial de las unidades, definidas por sus límites y sus componentes; expresa la organización de la red hidrográfica y el arreglo de las formas de relieve. La evolución expresa la estabilidad o la inestabilidad del medio a partir del balance morfogénesis-pedogénesis. Los problemas clasifican las características del medio en términos de restricciones (Geissert y Rossignol, 1987 citado por: Cotler, 2003). Este tipo de estratificación del ambiente es suficientemente flexible como para incorporar otras variables, como la vegetación y el uso de la tierra, permitiendo la generación de unidades de paisaje (sensu Zonneveld, 1995 citado por: Colter, 2003). La unidad del paisaje se conceptualiza como la mínima unidad cartografiable que permite denotar espacialmente los principales componentes de un ecosistema (estructural y funcionalmente, sensu Velázquez, 1993 citado por: Cotler, 2003). Siendo ésta una

técnica, que actualmente nos permite determinar con bastante precisión el uso potencial, o sea la máxima productividad que se puede obtener en un sitio, sin que su ambiente sufra deterioro. Para hacer esta determinación, se toman en cuenta factores climáticos, edáficos y topográficos (características del relieve y la pendiente), socioeconómicos y culturales (D' ALTON, 1986).

Una asociación estrecha entre el geomorfólogo y el edafólogo es la clave para la realización de estudios integrados en este caso para La Microcuenca La Joya, obteniendo como finalidad una evaluación edafo-ecológica del territorio para ordenar y planificar racionalmente la estructura y función de la misma. Ya que los programas de conservación deben apoyarse en el conocimiento de los procesos, proporcionado por la morfo-edafoecología y en la investigación de soluciones biológicas, de las cuales la ecología y la agronomía puede medir las probabilidades de éxito. De esta manera, la Morfo-edafoecología acude oportunamente y puede brindar, junto con otras disciplinas, todos los servicios para lograr un mejor uso de las tierras y asegurar de esta manera la satisfacción de las necesidades alimenticias de la población en la cuenca (Geissert y Rossignol, 1987).

Edafología

Leptosol

Son suelos que están limitados por la profundidad de la roca continúa dura coherente dentro de los primeros 10cm de profundidad de la superficie. Se presentan principalmente en zonas montañosas pero pueden ocurrir en otras áreas como superficies planas de roca dejadas desnudas.

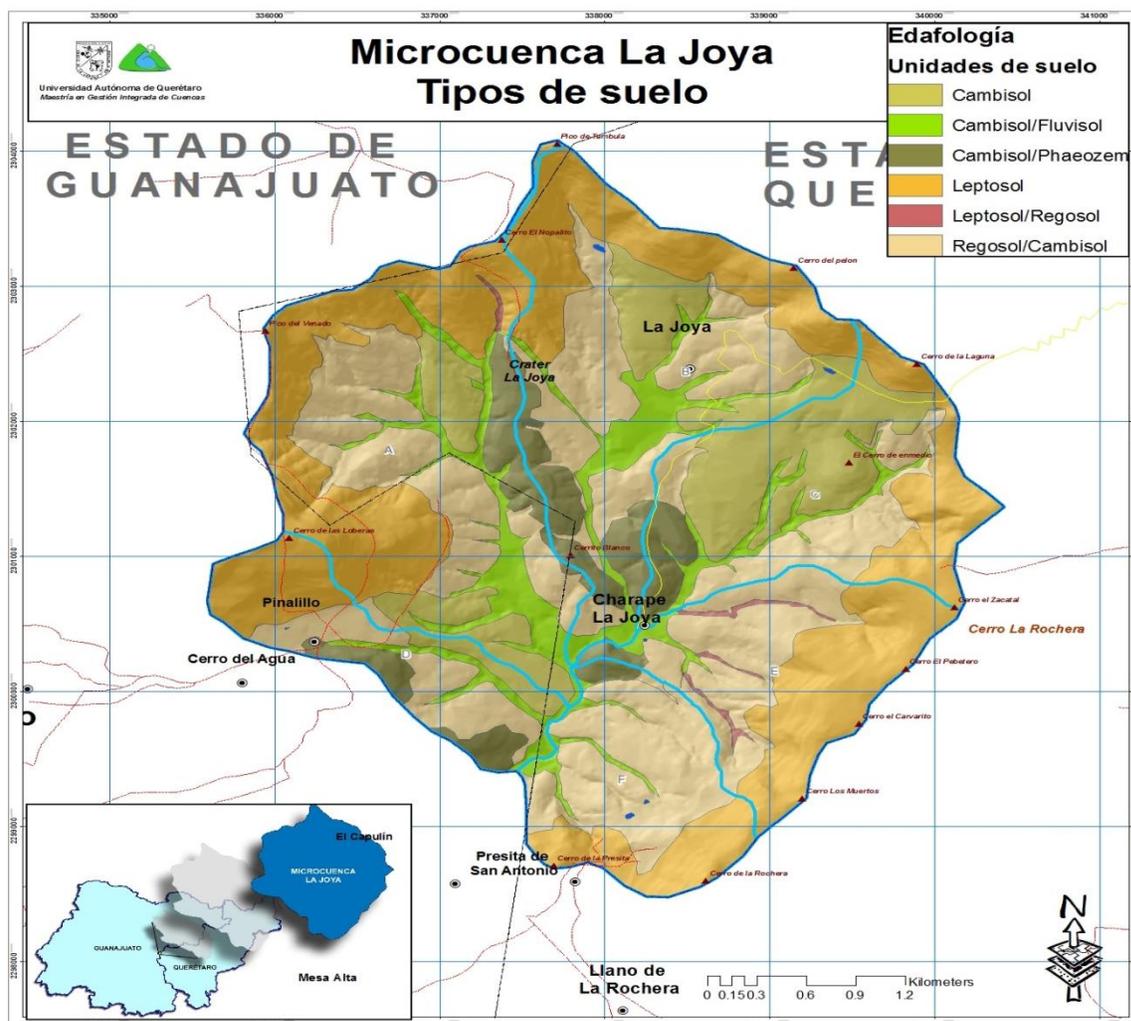
Regosol

La palabra regosol deriva de la palabra griega rhexos: cobija, manta, connotativa del manto de material suelto situado sobre el centro duro de la tierra. Los regosoles son suelos procedentes de material no consolidado, excluyendo depósitos aluviales recientes, sin horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico; carentes de propiedades hidromórficas de los primeros 30cm. de profundidad, carentes de las características que son de diagnóstico para vertisoles y andosoles; cuando tiene textura gruesa, carentes de laminillas de acumulación de arcilla, de las características de horizontes B cámbico u óxico o de material álbico.

Cambisol

Se deriva de la palabra latina cambiare, que significa cambio, indicando los cambios en color, estructura y consistencia que resultan de la intemperización. Son suelos que tienen un horizonte B cámbico, sin otros horizontes de diagnóstico que un horizonte A ócrico o úmbrico, un horizonte cálcico o uno gypsico. El horizonte B cámbico puede faltar cuando hay presente un horizonte A úmbrico de más de 25cm. De espesor; carente de salinidad elevada, carente de características de diagnóstico de vertisoles o andosoles; son suelos carentes de un régimen de humedad árido y carentes de propiedades hidromórficas en los primeros 50cm de profundidad. Los cambisoles vérticos son cambisoles que muestran propiedades vérticas; los cambisoles húmicos son cambisoles con un horizonte A úmbrico o mólico situado sobre un horizonte B cámbico con un grado de saturación.

Figura 14. Mapa de edafología de la microcuenca La Joya, *elaboración propia*.



Unidades morfo - edafológicas

La necesidad de planificar el uso del territorio y sus recursos a escalas más detalladas requirió una cartografía geomorfológica con escalas adecuadas. Para, las características morfométricas del relieve (pendiente, modelado del terreno y aspecto), sirven como base, a escala local para mapear las formas del terreno. La microcuenca es en general una unidad hidrográfica de baja amplitud de relieve que va desde los 2250 m.s.n.m. hasta los 2720 m.s.n.m.; localizándose el 80 % del área, por arriba de los 2200 m.s.n.m.

Los principales pisos hipsométricos, están representados en los alrededores de la microcuenca (Parteaguas), por ser un volcán caracterizado por el Cerro de las Loberas (2730 msnm), cerro de la Rochera (2720 msnm), cerro Pico del venado (2690 msnm), cerro el Nopalito (2610 msnm), cerro pelón (2620 msnm),

cerro el Zacatal (2650 msnm), cerro el Pebetero (2630 msnm), cerro el Carvarito (2610 msnm), cerro los Muertos (2660 msnm), cerro de la Presita (2490 msnm).

En relación a las pendientes, éstas varían principalmente entre los 0 a los 40°, aunque existen algunas áreas de pendientes más abruptas mayores de 45° localizadas principalmente en Las Loberas (2730 m) y la Rochera (2720 m), para la caracterización de las unidades geomorfológicas las pendientes fueron clasificadas considerando los siguientes intervalos:

Clasificación de pendientes

Intervalo	Tipo de pendiente
0 – 5°	Pendiente ligera
5 – 15°	Pendiente intermedia
15 – 20°	Pendiente empinada
>20°	Pendiente abrupta

III.2 Zonificación de las unidades de relieve

La geomorfología de la Microcuenca La Joya, comprende 11 unidades de paisaje, correspondientes a alto relieve: montaña y lomeríos; transición: abanicos coluviales y bajo relieve: terraza aluvial. A continuación se describen las unidades correspondientes a las diferenciaciones de relieve:

Zona de Montaña

Es una zona que presenta un relieve característico de elevaciones orográficas que van de los 2250 a 2730 m.s.n.m., de altura relativa superior a los 300m. Donde aproximadamente se representa el 40% de la superficie del territorio de la microcuenca. Ubicadas específicamente al Norte (cerro la Rochera) y al Nor-Este (cerro de las loberas). De acuerdo a su origen litológico e inclinación por las diferentes etapas de origen y procesos que se han dado en la zona, estas se han subdividido, como se muestra a continuación (ver cuadro 5).

Zona de Lomerío

Son elevaciones ligeras con pendientes de 0-5° y pendientes intermedia de 5-15°, y de altura relativa inferior a 300m. Representando aproximadamente el 25% del territorio de la microcuenca; distribuidas al Sur y Sur-Oeste de la zona de estudio principalmente a lo que correspondería a la chimenea del volcán. Son unidades de acumulación de material fino y medio, a partir de procesos de rodamiento y arrastre de suelos derivados de las laderas montañosas cercanas a las mismas. Esta categoría ha sido subdividida de acuerdo a su litología y pendiente (ver cuadro 5).

Abanico coluvial

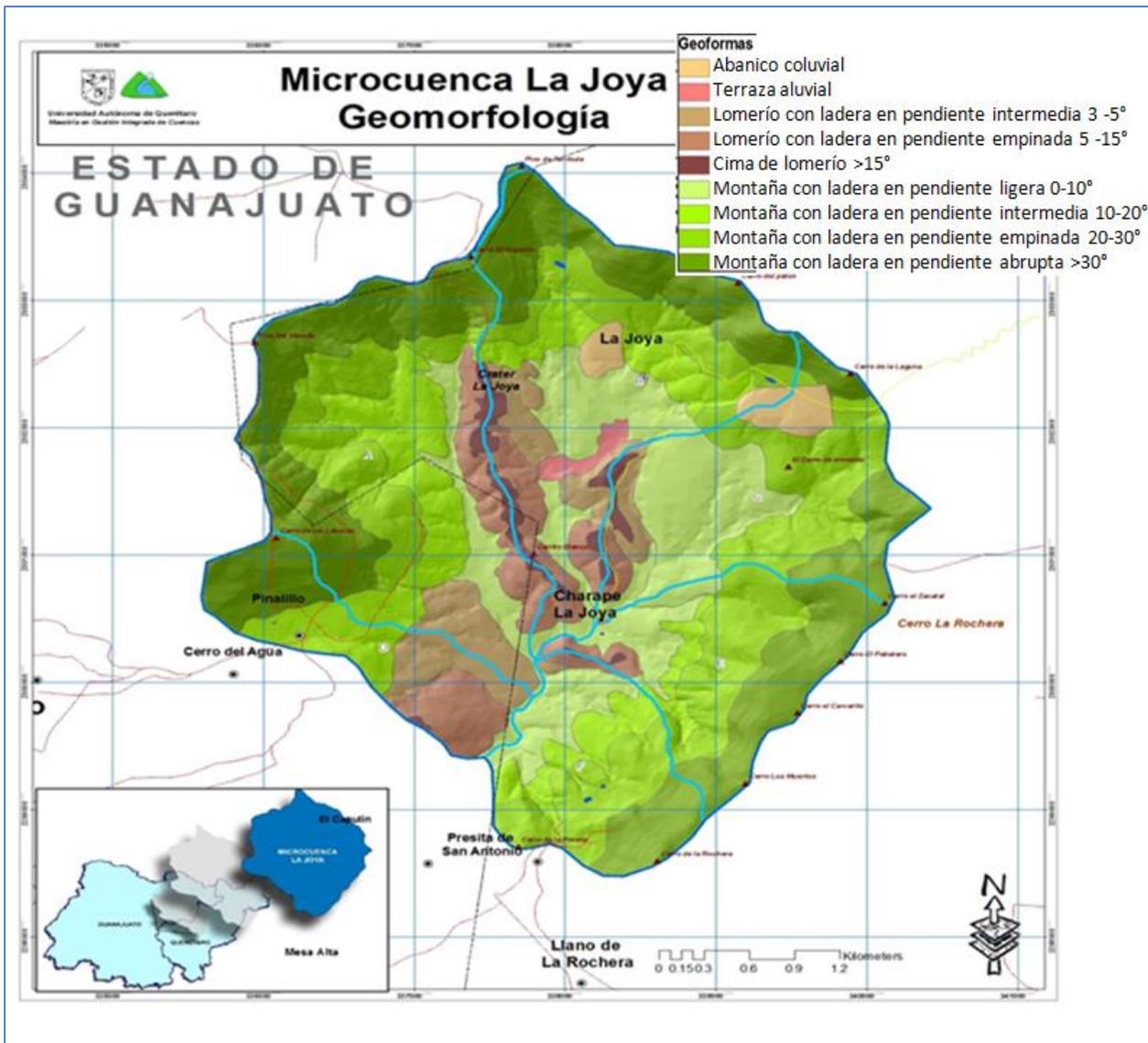
Se presentan en una zona de transición, de manera que los coluviones actúan como depósito formado por la acumulación de sedimentos transportados por el agua de escorrentía, en un área horizontal o de muy baja pendiente. Su forma en planta semeja un abanico abierto o un segmento circular. Los suelos de este abanico están formados típicamente por arenas mal gradadas y gravas. Ubicados al Nor-Este de la microcuenca ocupando aproximadamente un 24% de la superficie del territorio. Esta categoría se ha dividido de acuerdo a su litología y pendiente (ver cuadro 5).

Terraza aluvial

Es una geoforma que corresponde a un depósito aluvial cuya superficie se encuentra por encima del actual, nivel de inundación probable del río. Las terrazas están siempre separadas de la vega aluvial por un escarpe que puede tener entre unos pocos decímetros y muchos metros. Las terrazas son estructuras planas en forma de banco producida por una corriente de agua, que quedó elevada conforme la corriente erosionaba en sentido descendente. Ubicadas al Sur- Oeste de la microcuenca representada por un 11% de la superficie del territorio.

Geomorfología

Figura 15. Mapa geomorfológico de la microcuenca La Joya



Mapa morfo-edafológico

El sistema hidrográfico da lugar a laderas disectadas y pendientes fuertes en el terreno. Esto es característico en terrenos de origen volcánico ya que son zonas poco permeables donde el escurrimiento superficial se da con mayor frecuencia. La microcuenca presenta un relieve de tipo montañoso, con laderas de fuertes pendientes originando una variedad de geomorfos tales como: Montaña en pendiente abrupta, empinada, intermedia y suave sobre litología volcánica ubicadas en las cumbres y crestas de mayor altitud del cráter, lomeríos localizados principalmente en la parte central de la microcuenca como parte del mosaico de

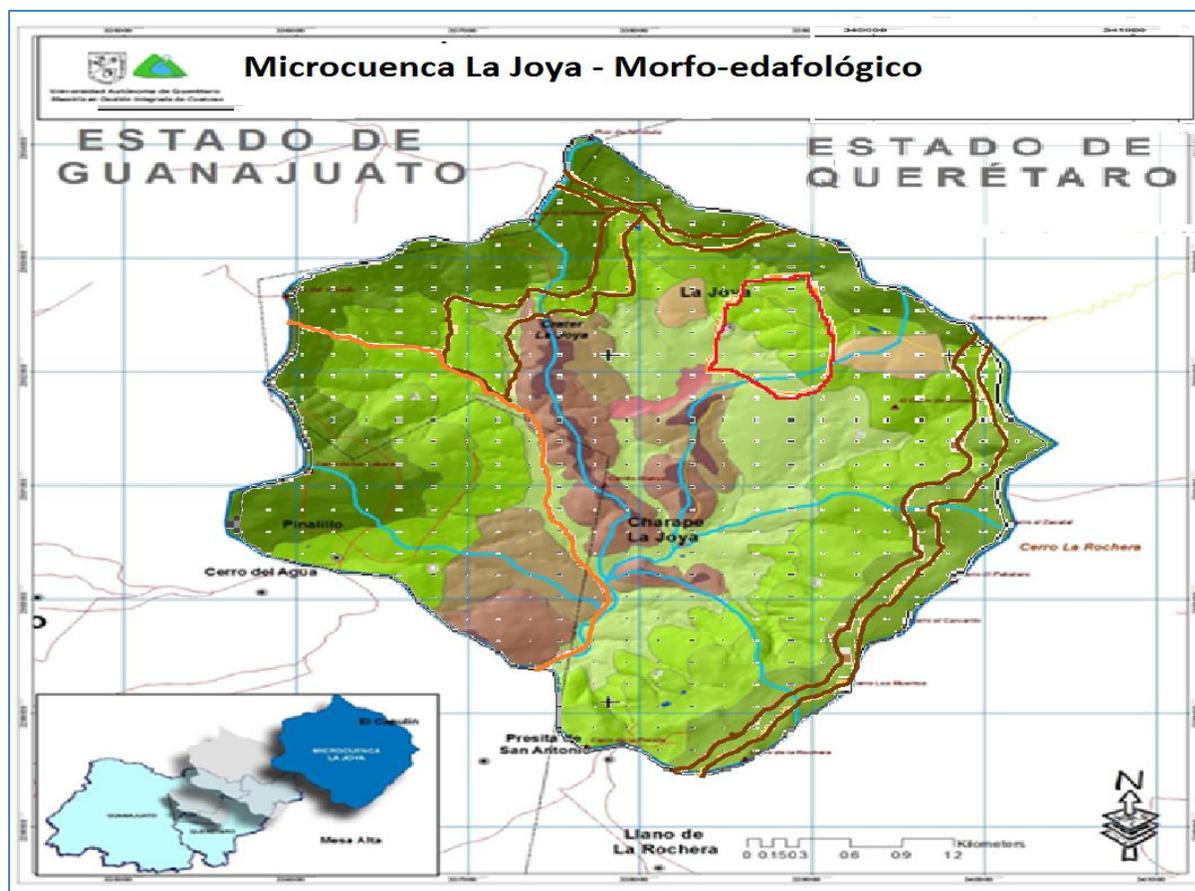
laderas medias de la microcuenca y abanicos coluviales correspondientes al N, los cuales son las principales geoformas formadas a partir de la acción desgastante o acumulativa de los ríos y por último, terracetos intermitentes que corresponden a la porción SW los cuales se encuentran a las faldas de las laderas altas (parte baja de la microcuenca) formados por la acción gravitacional.

En el sector estudiado, mediante el método descrito de clasificación del terreno se han diferenciado 5 unidades homogéneas fundamentales, sobre la base de la geomorfología (procesos, relieve y génesis de sus formas) y de la litología, clasificándolas y definiéndolas de acuerdo con estos caracteres. En cada unidad se han señalado los procesos que acontecen en la actualidad, así como el tipo de suelo y la vegetación que existe en cada sitio. Estas unidades espaciales diferenciadas sobre la base de sus propiedades físicas, a su vez son áreas naturales que restringen a ciertos tipos de vegetación, uso del suelo, procesos de erosión, condiciones de drenaje, relieve, entre otros, y forman la base para confinar posibles aplicaciones de conservación de suelos.

El análisis a nivel de unidades de relieve, permitió caracterizar el comportamiento morfo-edafológico que consistió en acceder al conocimiento del medio físico, tanto en su descripción como en su dinámica. Este enfoque permite analizar al mismo tiempo los diversos componentes del medio (clima, relieve, material superficial, vegetación, uso de suelo, morfogénesis-pedogénesis,...) y su manera de interactuar, y se definen porciones de territorio que poseen estructura, evolución y problemas comunes. Este método de evaluación del medio es un estudio integrado para la planeación. Que proporciona los elementos para una intervención técnica que reduzca la degradación del medio (Geissert y Rossignol, 1987).

Por lo anterior se generó un mapa morfo-edafológico con la finalidad de obtener una síntesis de los diferentes elementos del medio natural que representa una visión global del paisaje, analizando al mismo tiempo los diferentes aspectos que lo componen. A partir de este análisis, se determinaron las unidades representativas para llevar a cabo el levantamiento de suelo. Así como, la verificación de los rasgos de degradación de suelo, el cual se intensifica dependiendo del grado de cobertura del suelo (vegetación), pendiente y, las condiciones edáficas. Por lo tanto, se obtuvo un panorama de las condiciones en que se encuentra la zona de estudio para poder implementar estrategias más adecuadas para su manejo (Geissert y Rossignol, 1987).

Figura 16. Mapa morfo-edafológico de la microcuenca La Joya (elaborado por la autora).



Unidad de paisaje	Litología	Relieve	Suelos	Código
Montaña	Brecha volcánica, lavas (ácida y básica), toba-ceniza	Ladera abrupta (>30°)	LEPTOSOL, REGOSOL, CAMBISOL	Ma
	Brecha volcánica, lavas (ácida y básica)	Ladera empinada (20-30°)	REGOSOL, CAMBISOL, LEPTOSOL	Me
	Brecha volcánica, lavas (ácida, básica), toba-ceniza	Ladera intermedia (10-20°)	CAMBISOL, REGOSOL, PHAEOZEM, LEPTOSOL	Mi
	Toba-ceniza, brecha volcánica, lava (ácida y básica)	Ladera suave (0-10°)	LEPTOSOL, REGOSOL, CAMBISOL, PHAEOZEM, FLUVISOL	Ms
Lomerío	Lavas básica y ácida	Cima de lomerío (>15°)	CAMBISOL, PHAEOZEM Y REGOSOL	Cl1
	Lava (básica y ácida), toba-ceniza,	Ladera intermedia (5-15°)	CAMBISOL, FLUVISOL, REGOSOL, PHAEOZEM, LEPTOSOL	Cl2
	Lava básica y ácida	Ladera suave (3-5°)	REOSOL	Cl3
Terraza aluvial	Lava básica	plano	CAMBISOL, FLUVISOL, REGOSOL	Ta
Abanico coluvial	Lava básica	Ondulado (15°)	CAMBISOL, REGOSOL, LEPTOSOL	Ac

III. 3 Análisis de la erosión del suelo

A continuación se presentan los resultados de las características generales e indicadores de degradación del suelo de acuerdo a cada sistema morfo-genético, asociada a la descripción de cada sitio. La información detallada de la pérdida de suelo en Ton/ha/año en relación a cada indicador de degradación.

Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña empinada y abrupta - Me1, Ma1, Ma2, Ma3

Geformas		Código	<u>Suelo desnudo</u>	<u>Erosión difusa</u>	<u>Terracetas</u>	<u>Pedestales</u>	<u>Surcos</u>	<u>Cárcavas</u>	<u>Compactación del suelo</u>	<u>Grado de deterioro</u>
MONTAÑA	Laderas en pendiente empinada 20 - 30°	Me1	2 % del área y 40 % de pedregosidad en (rocas aflorantes en la superficie).	70 % área	---	Altura promedio: 34.8 mm Pérdida de suelo: 369 t/ha	---	---	---	+
	Ladera en pendiente abrupta >30°	Ma1	5% del área (mucha roca entre la vegetación)	---	---	---	---	---	---	+
		Ma2	35 % del área y 60 % con pedregosidad en superficie.	60% del área	Altura promedio: 31.7 mm Pérdida de suelo: 412t/ha	Altura promedio: 58 mm Pérdida de suelo: 754 t/ha	---	---	---	++
		Ma3	---	---	---	---	---	---	---	+

---: Rasgos de erosión que no se observan en el sitio

+, ++, +++= Valoración del grado de deterioro en cada geoforma

Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña intermedia – Mi1, Mi2, Mi3, Mi4

Geoformas		Código	Suelo desnudo	Erosión difusa	Terracetas	Pedestales	Surcos	Cárcavas	Compactación del suelo	Grado de deterioro
MONTAÑA	Laderas en pendiente intermedia 20°	Mi1	20 % del área	30 % del área	---	Altura promedio: 39 mm Pérdida de suelo: 417 t/ha	---	Pérdida de suelo: 5 t/ha	---	++
		Mi2	70 % del área y 40 % de pedregosidad en superficie	40 % del área	Altura promedio: 46 mm Pérdida de suelo: 478t/ha	Altura promedio: 75 mm Pérdida de suelo: 780 t/ha	---	Pérdida de suelo: 2 t/ha	20 mm (formado entresuelo compactado y materia orgánica)	+++
	Laderas en pendiente intermedia 18°	Mi3	3 % del área	---	---	---	---	---	---	+
	Laderas en pendiente intermedia 20°	Mi4	30 % área y 25 % de pedregosidad en superficie	20 % del área	Altura promedio: 301 mm Pérdida de suelo: 4600 t/ha	Altura promedio: 31 mm Pérdida de suelo: 467 t/ha	---	---	30 mm	++

---: Rasgos que no se observan en el sitio

+, ++, +++= Valoración del grado de deterioro en cada geoforma

Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Montaña suave – Ms1, Ms2, Ms3, Ms4, Ms5

Geoformas		Código	Suelo desnudo	Erosión difusa	Terracetos	Pedestales	Surcos	Cárcavas	Compactación del suelo	Grado de deterioro
MONTAÑA	Ladera en pendiente suave 6°	Ms1	10 % del área	10 % del área	---	Altura promedio: 19 mm Pérdida de suelo: 238 t/ha	---	Pérdida de suelo: 6 t/ha	---	++
	Ladera en pendiente suave 12°	Ms2	10 % del área y 15 % de pedregosidad en superficie	25 % del área	---	---	---	---	15 mm	+
	Ladera en pendiente suave 10°	Ms3	20 % del área y 80 % de pedregosidad en superficie	40 % del área	Altura promedio: 268 mm Pérdida de suelo: 3800 t/ha	Altura promedio: 112 mm Pérdida de suelo: 1575 t/ha	Pérdida de suelo: 7 t/ha	Pérdida de suelo: 3 t/ha	---	+++
	Ladera en pendiente suave 6°	Ms4	50 % del área y 15 % de pedregosidad en superficie	75 % del área	Altura promedio: 119 mm Pérdida de suelo: 1680 t/ha	Altura promedio: 168 mm Pérdida de suelo: 2370 t/ha	---	---	---	++
	Ladera en pendiente suave 8°	Ms5	90 % del área y 70 % de pedregosidad en superficie	70 % del área	Altura promedio: 96 mm Pérdida de suelo: 1100 t/ha	Altura promedio: 270 mm Pérdida de suelo: 3105 t/ha	Pérdida de suelo: 4 t/ha	---	---	+++

---: Rasgos que no se observan en el sitio

+, ++, +++= Valoración del grado de deterioro en cada geoforma

Cuadro 5. Análisis de la erosión del sistema morfo-genético: Cima de lomerío- CI1, CI2 y CI3

Geoformas		Código	Suelo desnudo	Erosión difusa	Terracetas	Pedestales	Surcos	Cárcavas	Compactación, pie de vaca del suelo	Grado de deterioro
LOMERÍO	Cima de lomerío con pendiente de 4°	CI1	10 % área y 1 % de pedregosidad en superficie	10 % área	Altura promedio: 28 mm Pérdida de suelo: 350 t/ha	---	---	---	---	+
	Cima de lomerío con pendiente de 2°	CI2	25 % área Y 20 % de pedregosidad en superficie	75 % del área	Altura promedio: 121.9 mm Pérdida de suelo: 1585 t/ha	Altura promedio: 41 mm Pérdida de suelo: 533 t/ha	Pérdida de suelo: 3 t/ha	Pérdida de suelo: 6.25 t/ha	“pisada de vaca: 25 mm (suelo perdido)”	+++
	Cima de lomerío con pendiente de 7°	CI3	80 % del área Y 25 % de pedregosidad en superficie.	90 % del área	Altura promedio: 17.5 mm Pérdida de suelo: 224 t/ha	Altura promedio: 29.5 mm Pérdida de suelo: 378 t/ha	---	Pérdida de suelo: 3 t/ha	---	+++

---: Rasgos que no se observan en el sitio

+, ++, +++= Valoración del grado de deterioro en cada geoforma

III. 4 Indicadores de pérdida de suelo en la microcuenca La Joya

La degradación del suelo comprende una amplia gama de procesos biofísicos y socioeconómicos, los cuales hacen que su evaluación sea difícil de agrupar en unas pocas medidas simples. La degradación se produce en una variedad de escalas de tiempo desde una sola tormenta hasta muchas décadas, y sobre muchas escalas espaciales, desde el lugar de impacto de una simple gota de lluvia hasta el conjunto de las fincas y cuencas. Por ello, este capítulo se concentra en relativamente simples indicadores de campo, alguno de los cuales puede ser cuantificado en tasas absolutas de pérdida de suelo, pero ninguno de los cuales debería considerarse aisladamente. Estos indicadores son también fácilmente identificados en el campo, aunque son más aparentes en algunos periodos del año y en determinadas circunstancias ambientales. A continuación se describen los indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya (el número que tiene cada figura es para verificar su definición en el apartado II.2 Verificación y trabajo de campo – Levantamiento de rasgos de erosión).

Figura (s) 17. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya

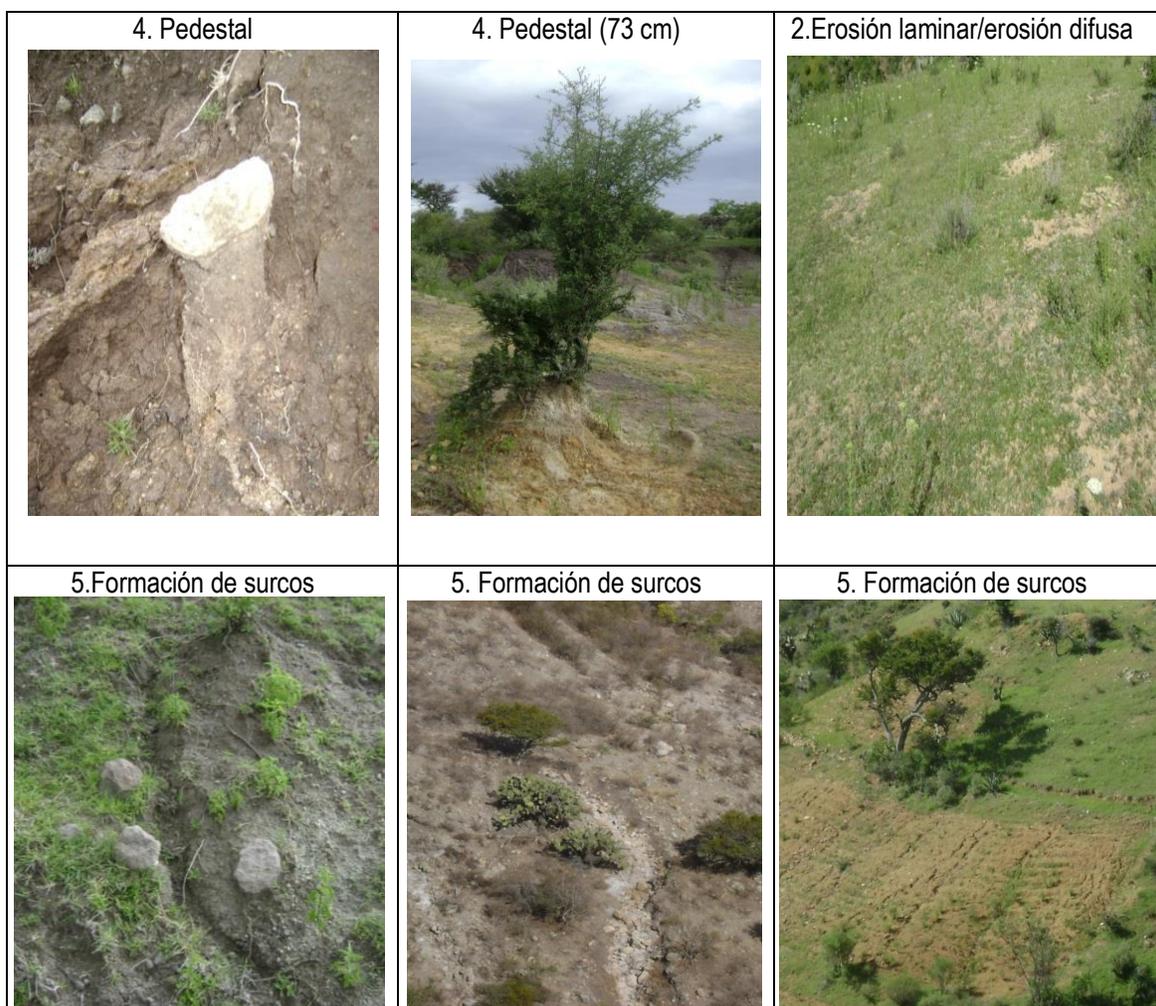


Figura (s) 17a. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya

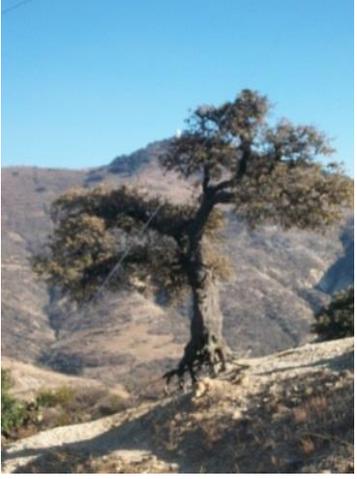
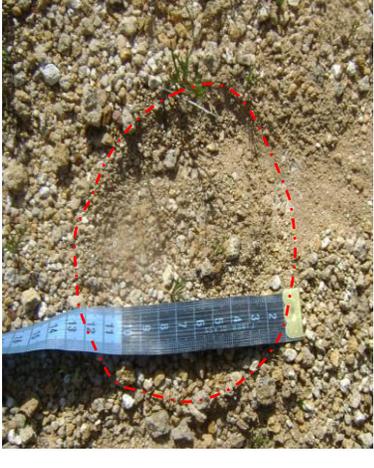
<p>2.Erosión laminar /erosión difusa</p> 	<p>7.Cárcavas</p> 	<p>7. Cárcavas</p> 
<p>8.Remoción en masa</p> 	<p>9.Exposición de raíces</p> 	<p>9.Exposición de raíces</p> 
<p>9.Exposición de raíces</p> 	<p>6.Terracetas</p> 	<p>3. Microrelieve</p> 

Figura (s) 17b. Indicadores de pérdida de suelos en la microcuenca La Joya

<p>9.Exposición de raíces</p> 	<p>15.Pie de vaca</p> 	<p>15. Pie de vaca</p> 
<p>10.Montículos a pie de árbol</p> 	<p>10.Montículos a pie de árbol</p> 	<p>14.Pasillos de flujo</p> 
<p>12.Cabecera</p> 	<p>17.Roca aflorante</p> 	<p>16.Encostramiento (1cm)</p> 

III.5 Evaluación edafo-ecológica

A continuación se presentan los resultados y la discusión de la evaluación edafo-ecológica de acuerdo a cada geoforma. La información detallada de los perfiles se encuentra en el anexo I, donde se puede consultar: I. Información acerca de la localidad; II. Información general a cerca del suelo; y III. Descripción breve del perfil, asociada a la descripción de cada sitio.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Me1)

Procesos pedogenéticos dominantes:



El perfil es de poca profundidad y por lo tanto el intemperismo químico es limitado, muestra acumulación de materia orgánica baja, el tipo de humus es mull es decir, el horizonte orgánico sobre la superficie es de poco espesor o incluso está ausente en ciertos periodos. El pH muy ligeramente alcalino (7.0) pone en evidencia una ligera pérdida de bases por lixiviación. El horizonte Ah tiene textura más fina que el Cw. La penetrabilidad de raíces es buena, sin embargo

el espacio radicular efectivo es bajo y a pesar de que posee un alto espacio poroso, estos son pocos y solo se encuentran en el primer horizonte, por lo tanto muestra problemas de aireación.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

En todo el perfil la textura es media (CR), indicador de que estos suelos muestran una capacidad de agua disponible y una retención de la misma muy baja. Aunado a ello, la capacidad de infiltración es moderadamente baja y el drenaje en general es excesivo, por la fuerte pendiente del terreno y por el poco espesor, además de que el sitio presenta un 2 % de suelo desnudo (área sin vegetación), lo que conlleva a erosionar el suelo en forma de lámina por acción de la lluvia pluvial y crea microrelieve expresado como pedestales que son indicadores de una pérdida de suelo severa. Otro factor limitante es la pedregosidad superficial que limita el desarrollo de raíces a profundidad y también la poca actividad biológica pone en evidencia una disponibilidad de nitrógeno baja y una disponibilidad de fósforo muy baja, a pesar de que el nitrógeno total es alto.

Lo anterior nos muestra una serie de limitantes para el desarrollo de la vegetación, de productividad del terreno y de aprovechamiento por los pobladores. Sin embargo, por ser terrenos de alta montaña, con una

capacidad de campo muy baja, es decir, el suelo tiene poca capacidad de retener agua contra la fuerza de la gravedad, el sitio no es apto para recargar el manto acuífero.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ma1)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente muy activo en el cual, el desarrollo del suelo se interrumpe por la inestabilidad de la ladera ($>30^\circ$). La acumulación de materia orgánica es baja (1.29 %), en el segundo horizonte dicho proceso disminuye (1.02 %) es decir, la descomposición es lenta, por la falta de vegetación y remoción constante. sin embargo, la coloración café muy oscuro está asociado a una descomposición de la materia orgánica. Así mismo, se evidencia

una neoformación de arcillas por la textura franco arcillo arenosa en todo el perfil. Otro de los procesos, es el desarrollo de estructura porque dominan los bloques subangulares de grado medio. El horizonte Cw muestra una intemperización de la roca, producto del intemperismo químico.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

Es un suelo muy delgado, presenta una textura franco arcillo arenosa en todo el perfil. El sitio en general, presenta una baja capacidad de aireación y muy baja capacidad de agua aprovechable para las plantas. También, presenta una alta pedregosidad en la superficie (80 %) y mediana densidad aparente, limitando el desarrollo de raíces a profundidad y también restringiendo la cantidad de nutrimentos por m^2 .

Por lo anterior, es un sitio que presenta una serie de limitantes para la calidad de estos suelos. Sin embargo, presenta una capacidad de infiltración alta, por lo tanto, podría ser óptimo su uso forestal, por la presencia de vegetación natural (bosque de encino, con helechos pequeños y musgos en la roca aflorante “indicadores de humedad”). Para lo cual, el primer paso es reforzar la zona con vegetación nativa y, una vez reestablecido el bosque, podría ofrecer servicios ambientales. Uno de estos servicios puede ser la captura de carbono en la biomasa aérea y en el suelo, otro servicio es el uso de estos terrenos para actividades de ecoturismo como el senderismo.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ma2)

Procesos pedogenéticos dominantes:



El perfil es de poca profundidad, por lo tanto, el suelo es muy delgado; muestra una ligera acumulación de materia orgánica (1.18 %), el tipo de humus que presenta es mull, ya que el horizonte orgánico sobre la superficie es de poco espesor o incluso está ausente en ciertos periodos. El pH muy ligeramente ácido (6.5) pone en evidencia una ligera pérdida de bases por lixiviación y el color oscuro se asocia a la incorporación de materia orgánica. El horizonte A tiene textura fina (CL), producto de una descomposición de la roca y minerales. El perfil muestra una intemperización de la roca a los 10 cm de profundidad en el horizonte Cw, debido a que se muestra desintegración de la roca en trozos cada vez más pequeños. La densidad aparente que se encuentra en el sitio es mediana (1.3 g/cm³) lo que hace que la penetrabilidad de raíces sea moderada debido a que el espacio radicular efectivo es bajo y los poros en los agregados son expeditos, sin embargo, son pocos, vesiculares y se ven solo en el primer horizonte, por tanto evidencia problemas de aireación.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene una mediana conductividad hidráulica es decir, la velocidad con la que el agua pasa a través de la masa del suelo, por unidad de gradiente de recarga hidráulica es medianamente alto asociado a la densidad aparente media, ésta funciona como taponamiento de los poros en el suelo que desde el primer horizonte, son pocos y por ende el desarrollo de raíces a profundidad es limitado. Además, la baja o nula actividad biológica pone en evidencia la capacidad media de cationes básicos, a pesar de que haya nitrógeno total de alto contenido en el suelo, no está disponible para las plantas. Aunado a ello, la capacidad de este suelo para retener agua es muy baja así como la disponibilidad muy baja de agua disponible para las plantas.

Otros rasgos de degradación es la ausencia de vegetación en 40 % del área, que arroja como resultado un impacto físico a manera de erosión del suelo en forma de láminas (erosión difusa) en un 30 % del área. Pedestales con 58 mm de altura promedio creando microrelieve y terracetas en un 50 % de la zona, otro factor es la pedregosidad superficial en aproximadamente 90 % de la zona, aunque ésta, funciona como amortiguamiento del suelo para limitar la erosión laminar. Pues, el uso del terreno (pastoreo intensivo y libre) ha sido en gran parte la causa de la poca productividad de esta zona.

Por lo anterior es de suma importancia evitar el libre pastoreo, ya que la pendiente abrupta del terreno podría decapitar totalmente estos suelos y moverlos ladera abajo.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ma3)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente muy activo en el cual, el desarrollo de un suelo se interrumpe por la inestabilidad de la ladera, con más de 30°. Se muestra una ligera acumulación de materia orgánica (1.01 %) y neoformación de arcillas. El pH ligeramente ácido (6.0) pone en evidencia una ligera pérdida de bases por lixiviación, así mismo, este suelo presenta un color muy

grisáceo oscuro. Otro proceso es el desarrollo de estructura, debido a que dominan los bloques subangulares de grado medio, mientras que el segundo horizonte Cw se caracteriza por la intemperización de la roca.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene una conductividad hidráulica mediana y el sitio en general presenta condiciones de drenaje excesivo, debido a la poca profundidad del suelo. La alta pedregosidad (60 %) limita el desarrollo de raíces en profundidad, el pH ligeramente ácido puede sugerir una saturación de bases moderada en el suelo y una cantidad de nutrimentos por m² de baja a media. Entre los factores limitativos se muestra una capacidad de aireación baja, debido a la poca abundancia de los poros y a la mediana densidad aparente (1.2), dichas características limitan la capacidad de agua disponible para las plantas y la retención de la misma. Estos factores, sumados a la fuerte pendiente que presentan estas laderas de montaña limitan su uso potencial para fines agrícolas.

Así mismo, el sitio ha sido perturbado, a través de su desmonte para uso agrícola y, posteriormente por su falta de productividad han sido abandonadas, Actualmente su uso es de libre pastoreo lo que se refleja en indicadores de erosión del suelo como erosión difusa en un 60 %. Ecológicamente este sitio requiere ser protegido del pastoreo para disminuir la erosión y necesita ser reforestado con vegetación nativa para aprovechar los servicios ecosistémicos que podría ofrecer y actuando funcionalmente como una zona de amortiguamiento de la cuenca.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Mi1)

Procesos pedogenéticos dominantes:

El perfil es de poca profundidad (18 cm), la acumulación de materia orgánica es casi nula (0.24 %), el tipo de humus es mull es decir, el horizonte orgánico sobre la superficie mineral es de poco espesor o está ausente en ciertos periodos. Es una zona que tiene 20° de pendiente, por tanto, es una unidad morfo-genéticamente activa. El pH muy ligeramente alcalino (7.0) pone en evidencia una buena disponibilidad de nutrimentos; en general, es un sitio con cantidades moderadas de nitrógeno total, sin embargo, la disponibilidad del mismo es baja y presenta muy baja disponibilidad de fósforo en el área. Así mismo, presenta un color marrón grisáceo, pudiera ser por problemas de reductomorfía, debido a que la capacidad de aireación en el sitio es muy baja y además, en todo el perfil hay de pocos a muy pocos poros en los agregados o peds de estos suelos.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene muy alta conductividad hidráulica y el sitio en general está moderadamente bien drenado, producto de la baja pedregosidad (10%) y la baja densidad aparente (1.07) que presenta este sitio, favorece el desarrollo de raíces a profundidad y la cantidad de nutrimentos. Sin embargo, la capacidad de agua disponible y de retención de la misma es muy baja, debido al relieve, la pendiente, al poco espesor del suelo y las texturas arcillosas; se convierte en un sitio con suelos muy pesados que se agrietan y compactan cuando se secan, en términos de aprovechamiento agrícola, es un suelo poco deseable que necesita acondicionamiento previo (se puede acondicionar añadiendo materia orgánica y hasta un sistema de drenaje suplementario, para con ello evitar que se seque). Hasta cierto punto, el contenido de arcillas en el subsuelo es deseable porque puede aumentar la cantidad de agua y nutrimentos almacenados en esta zona.

Otra de las características que limitan la zona en general es el uso de suelo, el pastoreo intensivo y libre ha llevado el sitio a un estado de erosión severa, expresada en indicadores como erosión difusa en un 30 % del área, creando microrelieve en un 15 %, pedestales con una altura media de 39 mm, cárcavas de hasta 20 m de longitud por la escorrentía concentrada y surcos en un 25 % del área. Por las condiciones del terreno el potencial de la zona podría ser aprovechamiento con frutales (estableciendo un sistema de manejo).

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Mi2)

Procesos pedogenéticos dominantes:

Se trata de un sitio morfo-dinámicamente activo por ser una zona de transporte de sedimentos y de escurrimientos turbulentos en el cual, el desarrollo de un suelo se interrumpe por proceso de morfogénesis. Los procesos de una ligera acumulación de materia orgánica y neoformación de arcillas son cuestionados porque pudieron haber sido traídos con el material depositado y no haberse desarrollado *in situ*. El único proceso que



muestra evidencia de formación *in situ* es el desarrollo de estructura, sin embargo en el primer horizonte encontramos una estructura laminar, producto de la compactación del suelo, debido a que el uso de esta zona es pastoreo intensivo (presencia de excretas de ganado bovino, caprino y equino). El pH muy ligeramente ácido (6.5) y un poco más ácido (6.0) a profundidad es indicador de una ligera pérdida de bases por lixiviación y el color marrón amarillento pone en evidencia una ligera formación de óxidos de Fe. El perfil presenta texturas más finas en profundidad, pudiera ser producto de arrastre de material más fino. Así mismo, es un sitio altamente abastecido de cationes básicos en el suelo, producto de la acidez del mismo.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

Es un suelo somero con 29 cm de espesor, presenta una muy alta conductividad hidráulica y el sitio en general presenta condiciones de drenaje moderado. La textura arcillo arenosas conlleva a condiciones de porosidad medio en los primeros 2 cm, sin embargo la estructura es laminar debido a que ha sido un suelo compactado por el uso de suelo (pastoreo intensivo). Dicha compactación actúa como taponamiento del suelo siendo éste un factor limitante para el desarrollo de las raíces y de disponibilidad de agua y nutrientes para las plantas, afectando además la infiltración y las opciones de labranza.

Otra de las características limitantes para la zona es la baja capacidad de aireación, una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y de retención de la misma. Por lo anterior y con los rasgos de degradación del suelo que presenta el sitio, como una erosión difusa en un 60 % del área creando microrelieve en un 45 %, pedestales con una altura media de 75 mm, cárcavas (su comportamiento es distinto al resto de las cárcavas que se encuentran en otros sitios de la microcuenca, estas son más anchas “3 m” y

menos profundas) terrazas en un 30 % del área y pie de vaca (indicando que se pierde en una pisada 2.5 cm de suelo y alta pedregosidad (70 %) limitando así, el desarrollo de raíces a profundidad, sin embargo, las piedras actúan como un amortiguamiento del suelo por contrarrestar el impacto directo de las gotas de lluvia. Por la serie de características que limitan este sitio, el potencial pudiera ser su vocación natural para poder ofrecer servicios ecosistémicos. De inicio, este sitio requiere ser protegido del pastoreo para disminuir la erosión y posteriormente ofrecer servicios como captura de carbono y/o ecoturismo.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Mi3)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Es un suelo somero, el perfil presenta acumulación casi nula de materia orgánica (0.8 %), el pH ligeramente ácido (6.5 en los primeros 12 cm y 6.0 de los 12 a los 30 cm) pone en evidencia una ligera pérdida de bases. También se muestra un proceso de neoformación de arcillas minerales *in situ*, debido a las texturas arcillosas en todo el perfil, hasta cierto punto, un incremento en el contenido de arcilla en el subsuelo es deseable porque puede aumentar la

cantidad de agua y nutrientes almacenados en esta zona. Otro proceso es el desarrollo de estructura en el suelo expresada en bloques finos de grado moderado.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

La textura, la alta porosidad y la densidad aparente baja (1.07 g/cm^3) que se encuentra en este suelo permiten que entre partícula y partícula de agregados haya espacio radicular efectivo, permitiendo que el agua se infiltre con facilidad. así mismo, la retención y disponibilidad de dicho recurso sea moderadamente bueno para que las raíces penetren a profundidad. También, es un suelo con alta capacidad de intercambio catiónico es decir, puede retener una gran cantidad de cationes de los nutrientes. Aunado a ello, el uso forestal en su forma natural que se ha mantenido en esta zona, le ha dado una estabilidad al sitio, por tanto en general presenta buenas condiciones de drenaje y no se observa erosión del suelo. Una de las opciones viables del sitio pudieran ser cultivos con frutales (estableciendo un sistema de manejo).

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Mi4)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente activo por ser una zona de transporte en el cual, el desarrollo del suelo es moderado por la inestabilidad de la ladera. Se muestra una acumulación casi nula de materia orgánica (0.69 %) y neoformación de arcillas minerales ya que las coloraciones oscuras dominan a profundidad. Otro proceso de desarrollado es el desarrollo de estructura, principalmente a partir del

segundo horizonte porque dominan los bloques subangulares de grado moderado. Mientras que, en el primer estrato dominan los bloques granulares de grado medio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo en general está medianamente bien drenado, con baja capacidad de retención de agua, el sitio en general se encuentra moderadamente bien aireado por la abundancia de poros in-exped. Debido a la poca vegetación en el sitio el contenido de materia orgánica es bajo y por ende, el contenido de nutrientes. La estructura granular que se encuentra en los primeros 3 cm de espesor permite que el agua circule muy fácilmente a través del suelo sin embargo, la estabilidad débil muestra una deficiente formación de agregados. Aunado a ello, el horizonte orgánico sobre la superficie de poco espesor o incluso ausente en ciertos periodos del año, no son suficientes para actuar como un amortiguador del suelo y hacen susceptible el suelo a la erosión. De hecho, ya se encuentran algunos rasgos de degradación como erosión difusa en un 30 % del área creando microrelieve en un 20 %, terracetas y pedestales de una altura media de 30.5 mm.

La pendiente, muy baja capacidad de campo y sobre todo y la densidad aparente alta (1.53 g/cm^3), convierten el sitio en una serie de limitantes para sus potencialidades de estos suelos, porque la proporción de espacios o cavidades están taponeadas y no permite una buena infiltración de la lluvia, ni buena penetrabilidad de raíces, factores limitativos para el desarrollo de la vegetación. Por tanto se pudieran cambiar las prácticas de manejo como limitar el área del pastoreo, podría ser reforestado con vegetación nativa y aplicar prácticas de conservación para contrarrestar la erosión.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ms1)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente de depósito el cual permite un avance en la pedogénesis por la ligera pendiente (6°) que presenta y se muestra en los 32 cm de profundidad a diferencia de los hasta 6 cm en la zona de montaña abrupta. Los procesos de acumulación de materia orgánica es casi nulo (0.46 %). Por las texturas arcillosas en todo el perfil se puede

inferir un proceso de neoformación de arcillas en el suelo. El pH muy ligeramente alcalino (7.0), pone en evidencia una capacidad muy alta de bases intercambiables; el color gris y la baja porosidad expedita pudieran ser debido a la baja capacidad de aireación que presenta el sitio. Sin embargo, el color rojizo muestra una ligera formación de óxidos de Fe (y probablemente de Al).

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO:

El suelo tiene una capacidad media de conductividad hidráulica y el sitio en general es moderadamente drenado. Entre sus factores limitativos se muestra una densidad aparente media (1.25 g/cm³) afectando con ello el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia mecánica y la porosidad del suelo sobre las raíces. Por ende, se muestra una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y retención de la misma así como una muy baja capacidad de aireación.

Por lo anterior, se aceleran los procesos de erosión, producto del escurrimiento rápido y escorrentías concentradas, mostrando evidencias severas de erosión como, suelo desnudo (área sin vegetación) en un 10 % del área, erosión difusa en un 40 % creando microrelieve, cárcavas de hasta 12 m de longitud, pedestales con una altura media de 19 mm y pedregosidad superficial (roca madre) en un 40 % del área. Potencialmente es un sitio que requiere ser limitado por el pastoreo y así permitir una vocación natural es decir, hasta cierto punto, un incremento de arcillas en el subsuelo es deseable porque puede aumentar la cantidad de agua y nutrientes almacenados en la zona. Sin embargo, si se revegeta el sitio, podría ofrecer servicios ecosistémicos como captura de carbono, mayor infiltración y sobre todo desacelerar dicha erosión.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ms2)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente de depósito por el relieve que presenta. Es un suelo muy delgado con 9 cm de espesor (>9 cm roca intemperizada); se caracteriza por la presencia de un matillo de tipo mull y por ende, una acumulación casi nula de materia orgánica (0.45 %). El pH muy ligeramente alcalino (7.0) pone en evidencia una buena capacidad de bases intercambiables es decir, cationes básicos como calcio, potasio, sodio y magnesio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene una capacidad media de conductividad hidráulica y el sitio en general es excesivamente drenado por la profundidad que dicho recurso presenta (muy somero). Además, la alta pedregosidad, limita el desarrollo de raíces a profundidad y también restringe la cantidad de nutrimentos por m² así mismo, se muestra una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y de retención de la misma. Aunado a ello, la densidad aparente es mediana (1.30 g/cm³) y la estructura es laminar (15 mm de espesor) en el horizonte superficial del suelo es decir, son láminas, con un grado de compactación fuerte que actúa como taponamiento del suelo por tanto, la porosidad es escasa y el espacio radicular efectivo influye en la permeabilidad del suelo.

Por lo anterior y, porque además en el sitio se muestran otros rasgos de degradación como suelo desnudo (área sin vegetación) en un 10 %, erosión difusa en un 25 % y 15 % de pedregosidad en la superficie. Es un suelo que presenta numerosas características limitantes principalmente para su uso pecuario. Sin embargo, se podrían cambiar los tipos de cultivos, asociar dichos cultivos, dejar una parte de rastrojos en el terreno, entre otras prácticas conservacionistas. Con ello, recuperar las funciones del suelo y minimizar la erosión del mismo.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ms3)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinamicamente de depósito por la ligera pendiente que presenta (5°). Se muestra una acumulación casi nula materia orgánica (0.24 %) y un mantillo de tipo mull, horizonte orgánico sobre la superficie de poco espesor o incluso ausente en ciertos periodos. El pH muy ligeramente alcalino (7.0) pone en evidencia una moderada saturación de bases es decir, una porción de cationes básicos como el calcio, magnesio, potasio y sodio.

El color rojizo en los dos horizontes B posiblemente son producto de estados iniciales a intermedios de alteración del suelo, es decir, una formación de óxidos de Fe (y probablemente de Al).

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene una capacidad media de conductividad hidráulica y el sitio en general es moderadamente bien drenado. Así mismo, muestra una capacidad muy baja de agua disponible para las plantas y de retener el agua contra la fuerza de la gravedad debido quizás a la ausencia de vegetación y a la alta densidad aparente (1.41 g/cm³) dicho factor reduce la porosidad y el desarrollo de estructura del suelo afectando con ello, el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia mecánica y la porosidad del suelos sobre las raíces. Aunado a ello, se muestran en el sitio rasgos de degradación del suelo como, alta pedregosidad en la superficie (40 %) actuando como otra limitante para el desarrollo de raíces a profundidad y también restringe la cantidad de nutrientes. Sin embargo, la piedra en la superficie del terreno protege el suelo del impacto de las gotas de lluvia. Así mismo, se observan un 20 % del área sin vegetación, erosión difusa en 40 % creando microrelieve, pedestales con una altura media de 112 mm, terracetas de hasta 43 cm de altura, surcos en un 15 % y cárcavas en 3 % del área.

Por lo anterior, este suelo presenta numerosas limitantes sin embargo, es un sitio con una ligera pendiente (5°), buena estructura y una profundidad fisiológica no muy somera (20 cm). Podría tener potencial siempre y cuando se limite el pastoreo, cambiando el tipo de cultivos, dejando parte del rastrojo en el suelo, asociando los cultivos con otros, entre otras prácticas conservacionistas para rehabilitar las funciones del suelo de este sitio.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ms4)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Es un suelo que se encuentra en zona de montaña de ligera pendiente (6°), por lo que siendo la parte baja de la cuenca es una unidad receptora de sedimentos transportados de la parte media y alta de la cuenca. En el perfil se muestra muy poca acumulación de materia orgánica (0.35 %), el tipo de humus es mull. El pH es ligeramente alcalino (7.5) en los primeros 7 cm y muy ligeramente alcalino (7.0) a profundidad, pone en evidencia una

medianamente alta saturación de bases es decir, porción de cationes básicos en el suelo. Las texturas son franco arcillo arenoso y franco arcillo limoso la cual se manifiesta en la presencia de cutanes delgados sobre algunos poros y raíces y el color marrón se asocia a estados iniciales a intermedios de alteración del suelo es decir, formación de óxidos de Fe.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

Es un suelo somero, tiene una alta a mediana conductividad hidráulica y el sitio en general es moderadamente bueno en condiciones de drenaje. La baja pedregosidad favorece el desarrollo de raíces a profundidad y también la cantidad de nutrimentos. Sin embargo, tiene factores limitantes como una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y retención de la misma. Otra de las limitantes es la alta densidad aparente (1.41 g/cm^3), disminuyendo así la porosidad y el desarrollo de estructura del suelo ya que actúa como taponamiento y afecta el crecimiento de las plantas debido al efecto que tiene la resistencia mecánica y la porosidad del suelo sobre las raíces. Además debido al uso que se le ha dado y posiblemente un manejo no óptimo para las condiciones de la zona, se observan indicadores de degradación, suelo desnudo (área sin vegetación) en un 50%, factor por el cual se ha producido una erosión difusa en 15 % creando microrelieve, pedestales con una altura media de 168 mm, y terracetos en 20 % del área.

Por lo anterior, este suelo presenta numerosas características limitantes para su calidad de estos suelos. Sin embargo, es un sitio con una ligera pendiente (6°), buena estructura y una profundidad fisiológica no muy somera (29 cm); requiere limitar o subdividir el sitio en agostaderos e incorporar medidas para conservar el

suelo y un esquema de manejo adecuado a las características descritas anteriormente, para ofrecer servicios agrícolas y probablemente pecuarios o agrosilvopastoril.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (Ms5)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Es un suelo somero de zona de montaña con una ligera pendiente (8°). La acumulación de materia es casi nula (0.25 %). Otra característica es el pH ligeramente alcalino (7.0) asociado a una mediana porción de cationes básicos o bases intercambiables como calcio, magnesio, potasio y sodio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

Es un suelo muy delgado y la profundidad es un factor limitante para el desarrollo de raíces, disponibilidad de agua y retención de la misma, así como nutrientes para las plantas, afectando también la infiltración y las opciones de labranza. Además, es un sitio desprovisto de vegetación (suelo desnudo) en un 90 % del área, que conlleva a una erosión laminar en un 70 % creando microrelieve expresado en pedestales con una altura media de 270 mm, surcos en un 15 %, terracetos en un 30 % del área y pedregosidad de 70 % de la superficie no obstante, la pedregosidad protege el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia. Estos factores adversos varían en severidad, sin embargo tiene una muy alta conductividad hidráulica y el sitio en general es excesivamente drenado, producto del espesor del suelo. Por tales características es un sitio susceptible a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el sustrato rocoso.

Por lo anterior, este suelo presenta numerosas características que limitan principalmente su uso pecuario, además no es un suelo con potencial para promover la recarga del acuífero debido a que la precipitación en el sitio es baja. Se optaría por acondicionar la zona con medidas que conserven el suelo y un esquema de manejo para el pastoreo.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (C11)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinamicamente poco activo ya que, se encuentra en la cima del lomerío en el cual, el avance de la pedogénesis es mayor que el de morfogénesis pues la pendiente favorece dicho proceso (4°). Se muestra una acumulación casi nula de materia orgánica (0.84 %). El pH muy ligeramente alcalino pone en evidencia una muy alta porción de cationes básicos como calcio, magnesio, potasio y sodio; el color marrón amarillento

pone en evidencia el estado inicial a intermedio de alteración del suelo, es decir, una formación de óxidos de Fe. El horizonte B tiene textura más fina que el Cw, producto principalmente de una formación de arcillas minerales. Otro proceso es el desarrollo de estructura, principalmente a partir del segundo estrato porque dominan los bloques subangulares de grado medio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

El suelo tiene una alta a media conductividad hidráulica y el sitio general es moderadamente bien drenado. La ausencia de pedregosidad en la superficie favorece el desarrollo de raíces a profundidad y también contribuye a incrementar la cantidad de nutrientes por m² así como, una alta capacidad de intercambio catiónico. Sin embargo, se muestran factores limitantes en el sitio para el desarrollo de la vegetación como una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y baja capacidad de retención de la misma. No obstante, la densidad aparente mediana (1.25 g/cm³), influye en la resistencia mecánica y la porosidad del suelo. De hecho, se observan rasgos de degradación en el sitio, erosión difusa en un 10 % creando microrelieve en el suelo desnudo (área sin vegetación 10 %), terracetos en un 3 % y pie de vaca (donde se muestra una pérdida de suelo de 2.5 cm).

Por lo anterior, El uso pecuario, no es apto debido a la presencia de las arcillas. Sin embargo, se pudiera optar por cambiar el tipo de cultivos, asociar y rotar dichos cultivos, dejar una parte de rastrojo sobre el terreno, entre otras técnicas que conlleven la rehabilitación de estos suelos para mejorar su calidad y funcionamiento.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (C12)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio morfo-dinámicamente activo por encontrarse en ladera de lomerío. Se muestra una acumulación casi nula de materia orgánica (0.34 %), evidenciado por la presencia de un mantillo tipo mull. El suelo en general presenta una alta capacidad de cationes básicos asociado a un pH ligeramente alcalino (7.0). El color marrón amarillento pone en evidencia el estado inicial a intermedio de alteración del suelo, es decir, una formación de óxidos de

Fe. El horizonte B tiene textura más fina que el Cw, pudiera ser producto de arrastre de material más fino. Otro de los procesos es el desarrollo de estructura, principalmente a partir del segundo horizonte porque dominan los bloques subangulares de grado medio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO

Se trata de un suelo muy somero, con una conductividad hidráulica moderada, el sitio en general es excesivamente drenado, producto del espesor del suelo. La zona tiene una pendiente de 2° buena para el uso agrícola. Sin embargo, presenta una capacidad de aireación baja debido a la densidad aparente mediana (1.36 g/cm³) y por ende, una muy baja capacidad de agua aprovechable para las plantas y muy baja capacidad de retención de la misma. Además, en el sitio se observan indicadores de degradación producto del uso que se le ha dado (pastoreo intensivo y libre); que se reflejan en indicadores de erosión como un 25 % de suelo desnudo (área sin vegetación), erosión difusa en 75 % del área creando microrelieve expresado en pedestales en un 60 %, terracetos en un 75 %, pie de vaca (donde se han perdido 2.5 cm de suelo), surcos en un 15 % y cárcavas en un 50% de la zona. Por dichas características, este sitio muestra severas afectaciones de erosión, por lo tanto, requiere que se reduzca la recarga animal.

IV. INTERPRETACIÓN DE CARACTERÍSTICAS DEL SUELO (CI3)

Procesos pedogenéticos dominantes:



Se trata de un sitio en lomerío morfo-dinámicamente activo principalmente por la ausencia de vegetación. Se muestra una acumulación casi nula de materia orgánica (0.73 %), asociado a un mantillo de tipo mull. Un pH ligeramente alcalino (7.0) asociado a una capacidad de bases intercambiables moderadamente alta. El color marrón amarillento pone en evidencia el estado inicial a intermedio de alteración del suelo, es decir, una formación de óxidos

de Fe. El proceso preliminar en el suelo es el desarrollo de estructura por presentar agregados en bloques subangulares de grado medio.

V. CARACTERÍSTICAS EDAFO – ECOLÓGICAS DEL SITIO:

Es un suelo muy somero, con una conductividad hidráulica alta y el sitio en general es excesivamente drenado producto del espesor del mismo. El sitio tiene una pendiente de 7° moderadamente buena para el uso agrícola por la moderada capacidad de aireación, densidad aparente media (1.28 g/cm³) y por ende, una muy baja capacidad de agua disponible para las plantas y muy baja capacidad de retención de la misma. Además, en el sitio se observan indicadores de degradación producto del uso que se le ha dado (pastoreo), sumándole un 80 % de suelo desnudo (área sin vegetación), erosión difusa en 90 % del área creando microrelieve expresado en pedestales en 50 %, terracetos en un 70 %, cárcavas en un 20 % de la zona y 25 % de pedregosidad en superficie.

Por lo anterior, este sitio en general presenta una serie de características que limitan su calidad de este suelo. Requiere de reducir la recarga animal y cambiar los tipos de cultivos, agregar rastrojos, siembra directa, entre otras técnicas conservacionistas del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

BLAKE G.R., HARTGE, K.H. 1986. Bulk density. En: Methods of soil analysis (A. Klute ed.), Part 1. 2nd ed. Agronomy 9: 363-375.

Cabalceta A., G. 2009. Propiedades físicas del suelo. Densidad aparente y de partículas. Centro de Investigaciones Agronómicas. Universidad de Costa Rica, 16 pág.

Cotler, A. H., 2003. El uso de la información edáfica en los estudios ambientales. *Gaceta Ecológica*, Julio-Septiembre, N° 068. Instituto Nacional de Ecología, Distrito Federal, México. Pp. 33-42.

Cotler H., A. Priego, C. Rodríguez, 2004. El análisis del paisaje como base para el manejo integrado de cuencas: El caso de la cuenca Lerma-Chapala. En: Cotler H. 2007. El Manejo Integral de Cuencas en México: Estudios y reflexiones para orientar la política ambiental. Instituto Nacional de Ecología. México. 267.

D' Alton, C.; Guier, E.; Magallón, F. 1986. Educación ambiental: Guía didáctica para el libro "El desafío ecológico" de Ezequiel Ander-Egg. EUNED: San José, pp. 121-132.

Departamento de Agricultura de los E.U.A. 1974. Manual de Conservación de Suelos. Servicio de Conservación de suelos, Editorial LIMUSA, México. 331 pág.

D. Jaime MATAS i PALAO, 25 de Junio, 2002. Medio ambiente - Degradación del suelo. Sesión n° 2439 del consejo, Comisión Europea.

Foster, B. Albert, 1990. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial F. Trillas, S.A. México. 411 pág.

García, E. 2004. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Kopenn. Instituto de Geografía, UNAM. 5ª Edición. México, D. F.

Gavande, A. Sampat, 1972. Física de Suelos: Principios y aplicaciones. Centro Regional de Ayuda Técnica, Agencia para el Desarrollo Internacional (A.I.D.) 1ra. Edición, Editorial LIMUSA-WILEY, S.A. México/Buenos Aires. 347 pág.

Geissert D. J.P. Rossignol. 1987. La morfo-edafoología en la ordenación de los paisajes rurales. INIREB/ORSTOM, 83P (S593.2 / M67. Geog.) Instituto Nacional de Investigación. Sobre Recursos Bióticos. Instituto Frances de Investigación Científica y el Desarrollo en Cooperación.

Gibson. G. Philip, 2003. Lab Manual to Accompany: Soil science & Management. 4th. Edition. Edwar J. Plaster. USA. 98 pág.

INEGI. 1985. Carta Edafológica, Escala 1:250 000. México, D. F.

INEGI. 1985. Carta Geológica, Escala 1:250 000. México, D. F.

Manual the solid sample, module for toc-l series total organic carbon analyzer. 2010. refer to section “3.3 Measurements Using the TOC-L CSH/CSN” on page 28-74 for a description of the procedures used to perform measurements with the SSM-5000A when it is connectec to the TOC-LCSH/CSN.

Munsell, 1975. Soil Color Charts. Macbeth Division off Kollmorgen Corporation 2441 North Calvert Street Baltimore, Maryland 21218.

Porta, J., López, M., Reguerin, A. & Roquero, C. 1994. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. España. 807 p

Siebe, C; J. Reinhold y K. Stahr. 1996. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Publicación especial 4.México. 57 pp.

Siebe, C; J. Reinhold y K. Stahr. 2006. Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo. 2da. Edición. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Publicación especial 4.México. 57 pp.

Sowers, B. George y Sowers F. George, 1998. Introducción a la Mecánica de los suelos y cimentación.

Stocking M. y Murnaghan N. 2001. Manual para la evaluación de campo de la degradación de la Tierra. Traducción al español y edición técnica. Carolina Padilla y Juan Albaladejo. Ediciones Mundiprensa. Barcelona España.173.p.

UAEM. 2002. Programa de Ordenamiento Ecológico de la Subcuenca Amanalco–Valle de Bravo. Universidad Autónoma del Estado de México Gobierno del Estado de México.

USDA. United States Department of Agriculture. 1999. Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo. USDA. 88 pág.

Van Linden G.W.J., Oldeman, L.R., 1997, The Assessment of the Status of Human-Induced Soil Degradation in South and Southeast Asia (ASSOD): Wageningen, International Soil Reference and Information Centre (ISRIC), 41p.

CAPÍTULO IV. CONSERVACIÓN DE SUELOS: REVISIÓN DE LITERATURA

IV.1 INTRODUCCIÓN

El Suelo es un recurso natural básico; es un sistema dinámico, compuesto de materiales orgánicos y minerales; sus propiedades se deben al efecto integrado del clima y los organismos vivos que actúan sobre el material parental, en determinado período de tiempo. Sirve de soporte para el crecimiento de las plantas, microorganismos edáficos y microfauna; regula el destino del agua en el ciclo hidrológico y es un sistema reciclador de nutrimentos y residuos orgánicos (INIFAP, 2005).

La evolución del suelo es constante bajo condiciones propicias, pero con lapsos que fluctúan de cientos a miles de años requeridos para la formación de algunos centímetros. Este largo periodo hace que se considere al suelo como un recurso natural no renovable y su pérdida constituye un problema para las generaciones actuales y futuras. De acuerdo al Inventario Nacional de Tierras Erosionadas, se estima que el 81% del territorio de la República Mexicana presenta algún grado de erosión. Los procesos erosivos ocurrirán en diferentes escalas espacio-temporales dependiendo de los principios que regulan las cuencas hidrográficas. Por la influencia que tiene en la funcionalidad hídrica de una cuenca y por su enorme relevancia para el ámbito productivo y ecológico, es importante conocer los procesos de degradación de suelos a lo largo de una cuenca, para planificar eficientemente las diferentes acciones y medidas de conservación de suelos (Garrido *et al.*, 2010; Cotler *et al.*, 2007).

De acuerdo con esta perspectiva, la conservación del suelo (vista desde la agronomía) es la ciencia de usar y tratar el terreno para aumentar su productividad conservando en él sus características naturales de fertilidad, los abonos que le añade el hombre y una buena proporción del agua pluvial, elementos que, en conjunto, son de otro modo arrastrados por las corrientes. La conservación del suelo es, pues, de importancia primordial ya que sin esta las tierras laborables, son imposibles de mantener en las condiciones necesarias para alimentar la población; buscando el mantenimiento y la recuperación de su calidad, entendida como la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales, mantener la calidad del aire y del agua y sostener la salud humana (Karlen *et al.* 1997). La necesidad por conservar el suelo, dio paso a buscar tipos de prácticas de conservación de suelos adecuadas a las condiciones ambientales y sociales y así involucrar de manera factible a los agricultores. De ahí, surge la necesidad de conservar el uso a nivel de unidades pequeñas (microcuenca) dando buenos resultados para la tierra, ya que se trata de planificar la unidad de acuerdo con sus necesidades y sus propias adaptaciones. Esto significa que las técnicas deben limitarse dentro de lo social, ambiental y económicamente posible en la cuenca.

Por lo anterior, el objetivo de este capítulo es presentar las principales prácticas agronómicas, vegetativas y mecánicas, para el manejo y conservación del suelo y agua, tales como captación del agua de lluvia, agricultura de conservación, manejo de coberturas vegetales, cortinas rompevientos, terrazas de formación sucesiva y tinas ciegas, con énfasis a tecnologías que hayan sido probadas con éxito en zonas áridas y semiáridas.

IV.2 MÉTODO

Se llevo a cabo una revisión bibliográfica de una serie de prácticas de conservación de suelos (vegetativa, agronómica y mecánica o estructural) adaptadas a condiciones ambientales y sociales con diferentes grados de deterioro, a nivel internacional, nacional y estatal. Para ello, se recopiló información estrictamente de obras que se han implementado en ambientes semiáridos ya que son las características que imperan en la zona de estudio.

Esta información se fue recopilando en fichas esquemáticas, donde cada práctica está descrita de acuerdo a características ambientales y sociales, para romper con el modelo que se ha venido dando de implementar las mismas obras en áreas, que aun siendo sitios tan heterogéneos como lo es el país, en cuanto a vegetación, clima, suelo, relieve y necesidades sociales, se sigan aplicando de la misma manera. Es necesario, proponer las prácticas de acuerdo a las condiciones que representan la estructura y la función de la microcuenca.

Se recopilaron 76 prácticas diferentes de la literatura. Sin embargo, se resumió a 32 porque la recopilación se hizo de diferentes fuentes y algunas prácticas se repetían pero tenían nombre diferente. Por ello, en la ficha se añadió una columna indicando el nombre (s) adquirido "según la fuente". Dichas prácticas fueron revisadas y recopiladas bajo el mismo esquema es decir, que pudieran ser prácticas con características más o menos semejantes a las condiciones de la zona de estudio (condiciones semiáridas) y además, que cumplieran con los requerimientos específicos de la fichas esquemática que se diseñaron para este estudio.

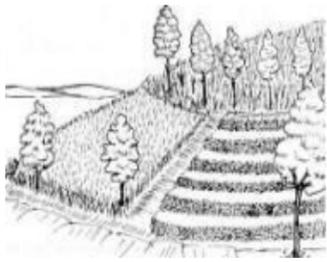
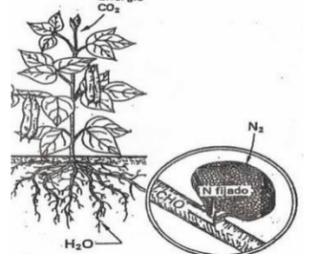
Las fuentes revisadas para la recopilación de dicha información fueron todas aquellas relacionadas con prácticas de conservación de suelos desde informes, revistas, tesis, manuales. Buscando exhaustivamente en internet con palabras claves como "conservación de suelos, prácticas vegetativas, prácticas agronómicas, prácticas mecánicas en ambientes áridos, semiáridos y subhúmedos, obras conservacionistas en regiones áridas, semiáridas o subhúmedas, tecnologías para conservar suelos, etc.". Haciendo lectura de cada práctica con un análisis rápido, esto con la finalidad de verificar si era aplicable o no a una región semiárida y de asegurarnos de aplicar el mismo esquema antes mencionado; en total se revisaron 33 literaturas diferentes de 20 son internacionales y 13 son mexicanas.

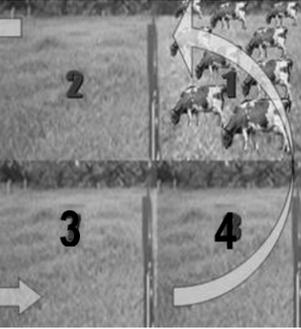
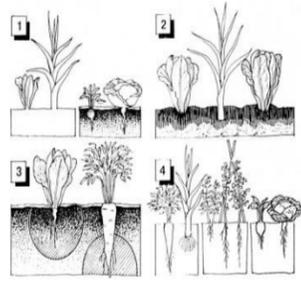
IV.3 RESULTADOS

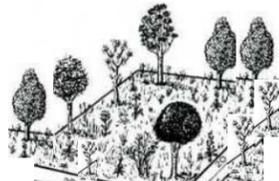
En cada una de las fichas se describen diferentes apartados que consisten en: nombre de la práctica, nombre (s) adquiridos “según la fuente”, definición de la práctica es decir, en qué consiste dicha obra, los objetivos que ésta persigue, ventajas y condiciones ambientales necesarias: régimen climático, altitud (msnm), pendiente, profundidad del suelo, textura de suelo, usos del suelo, tecnologías de apoyo; requerimientos sociales: organización social necesaria, intensidad de mano de obra, necesidad de conocimiento previo y grado de aceptación y recomendaciones generales.

La revisión exhaustiva que se llevó a cabo tiene como finalidad hacer hincapié en las prácticas vegetativas y agronómicas, para promover la vegetación, considerando así el desarrollo de plantas o cultivos, con la finalidad de mejorar la capacidad productiva de los terrenos y ayudar a disminuir la erosión del suelo. La forma en que la vegetación contrapone el efecto erosivo es la siguiente: el follaje de las plantas amortigua la fuerza del impacto de las gotas de lluvia que caen sobre la superficie del suelo y sus raíces sirven para evitar que éste sea arrastrado después del impacto, por el escurrimiento superficial. Este tipo de prácticas permiten conservar al suelo y el agua en terrenos que presentan problemas de deficiencias de humedad, erosión, topografía, texturas gruesas o finas y permeabilidades altas o bajas, de tal forma que cada una de ellas puede ayudar a conservar en producción el recurso suelo en forma indefinida. Además, son prácticas que no requieren intensa mano de obra y son económicamente más rentable para los agricultores. 20 internacionales y 13 son nacionales y estatales

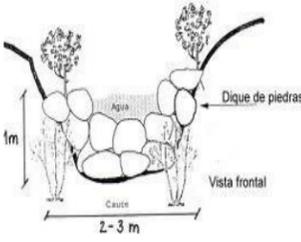
A continuación se muestra un resumen de la referida recopilación de prácticas de conservación de suelos, que denominaremos “catálogo de prácticas aplicables a una región semiárida”. Por supuesto, no se verá a la práctica como solución única ni mucho menos acabada; son propuestas agroecológicas tanto tradicionales como nuevas en la región. De las cuales, algunas de estas ya han sido trabajadas y adaptadas por los agricultores de la microcuenca La Joya en función de sus lógicas, gustos y necesidades, así como de los resultados obtenidos año con año. Para enfatizar tal transformación de las prácticas en el catálogo se incluyen observaciones respecto a su adaptación.

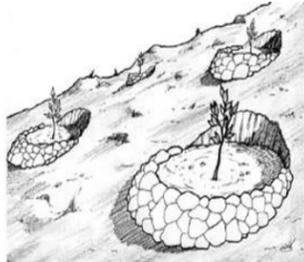
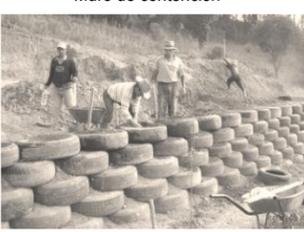
Nombre	Nombre (s) adquirido "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): 400-600 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): >15 Profundidad del suelo: poca profundidad Textura del suelo: francos	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
Cultivo en fajas de contención 	Cultivo en fajas de amortiguamiento	Se trata de dividir el campo en fajas, sembradas alternadamente con diversos cultivos. Los cultivos pueden ser pastos o leguminosas entre fajas anchas de cultivos comprendidos en la rotación regular.	Este tipo de tecnología, sumado a una buena rotación de cultivos, disminuye la erosión del terreno, reteniendo a su vez, los arrastres sólidos que lleva el agua, funcionando como receptor de la tierra cuando se labore con arado de vertedera en la dirección de la pendiente descendente.	Interrumpe la continuidad de la pendiente y, como consecuencia, disminuye la velocidad del agua, la combinación de plantas de crecimiento espeso con otras más claras da a las primeras el papel de filtro que detiene las partículas térreas que las aguas arrastran y facilita los sistemas de rotación, lo que se traduce en la conservación del suelo en alto grado de fertilidad.		Organización social necesaria: es una tecnología que se lleva a cabo en propiedades particulares. Intensidad de mano de obra: dependerá del usuario. Necesidad de conocimiento previo: requiere de un conocimiento técnico moderado (especialmente cuando se implementa por primera vez). Grado de aceptación: su adopción por parte de los usuarios es fácil ya que, proporcionan un rendimiento económico directo. Es decir, los agricultores no creen que estos tipos de cultivos sean convenientes, particularmente en vista de beneficios obtenidos, tales como conservación de la humedad, impedir pérdidas de suelo y obtención de rendimiento más altos.	La relación que se sugiere llevar a efecto con esta obra son: trazado para el cultivo en fajas, contra el viento, cultivo en fajas por campos y, cultivos en fajas de contención, laboreo de los campos cultivados en fajas, una alternativa para cada una, de suma importancia es la rotación de cultivos.	Es una técnica recomendable para terrenos con pendientes poco uniformes (variaciones de pendientes en varias direcciones).	Este tipo de tecnologías, generalmente son de anchura irregular por ajustarse a las curvas de nivel del terreno, de tal manera que las fajas de cultivos de escarda sean lo más uniforme posible.	(Navarro et al., 2001); (COP, 1991); (FAO, 2002); (Foster, B. Albert, 1990); (Lored Osti C., 2005).
Cultivos de cobertera 	Cultivos de cobertura, cultivos de protección, cultivos asociados	Es el establecimiento de cultivos después de la cosecha del cultivo de interés económico, con la finalidad de mantener cubierto el suelo y reducir las pérdidas por erosión. Generalmente la presencia de una leguminosa de ciclo corto.	Proteger al suelo de los efectos de la erosión hídrica y eólica en aquellos periodos donde el suelo está libre del cultivo de importancia económica.	Mejorar la calidad del suelo, reduce la incidencia de malezas, insectos y enfermedades en los cultivos, manejo de la fertilidad, disponibilidad de agua, diversificar el uso de suelo y hábitat de vida silvestre.	Precipitación media anual (mm): 400-600 Altitud (msnm): 1000-1300 Pendiente (%): 10-20 Profundidad del suelo: someros Textura del suelo: n.d.	Trae beneficios económicos como incluir la producción de forraje o grano para complementar el ingreso de los productores o su valor como abono verde al ser incorporados al suelo. Intensidad de mano de obra: va a depender de los usuarios. Grado de aceptación: mantener una cobertura vegetal sobre el suelo, es una técnica tradicional y por ende, de fácil aceptación por los productores.	Se recomienda combinar esta tecnología con áreas de vegetación permanente, como son las plantaciones de frutales. Se pueden implementar leguminosas, cereales, pastos o una mezcla apropiada.	Se recomienda usarlos en áreas de cultivo durante ciclos de descanso, en áreas de vegetación, en áreas de recreación y vida silvestre.	Se debe tomar en cuenta que el uso de cultivos de cobertera puede aumentar la competencia por el consumo de agua y nutrientes, además llevan inmersos costos en su manejo, entre las que se incluye el costo de la semilla, el establecimiento y la eliminación o incorporación.	(COP, 2009); (Lored Osti C., 2005).
Abonos verdes 	Cultivo de relevo, incremento de materia orgánica con abonos verdes	Es una técnica que permite mantener la cobertura vegetal en la mayor parte del año sobre áreas de cultivo sembrando especies o permitiendo vegetación espontánea que no compita de manera temporal o espacial con el cultivo principal y ayude a mejorar las características del suelo.	Agregar materia orgánica al suelo, mantener y mejorar la fertilidad de los suelos, reducir la erosión, aumentar la capacidad de retención de la humedad, disminuir los escurrimientos superficiales y reducir algunas veces la incidencia de nematodos en el suelo.	Por su abundante follaje y sistema radical, este tipo de abonos mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo con fines agrícolas mediante la incorporación de materia orgánica.	Precipitación media anual (mm): 400-600 Altitud (msnm): 1000->2000 Pendiente (%): n.d. Profundidad del suelo: n.d. Textura del suelo: n.d.	Organización social necesaria: se lleva a cabo individualmente. Intensidad de mano de obra: son fáciles de emplear. Conocimiento previo: no requiere de alto conocimiento previo, por ser en muchos casos una técnica tradicional. Grado de aceptación: es una práctica que se ha llevado a cabo por algunos agricultores desde hace años además, por su bajo costo es aceptada rápidamente.	Las leguminosas que ayudan a conservar la fertilidad del suelo y que son sembradas en distintas épocas del año con respecto al cultivo principal.	Como abono verde se puede utilizar cualquier planta herbácea, incluso a incorporación de las hierbas que crecen junto al cultivo sin embargo, se prefieren plantas leguminosas intercaladas con cultivos principales, en rotación, en sucesión y en alternancia de cultivo. Se recomienda enterrar el abono verde hasta una profundidad máxima de 10cm e iniciar el nuevo ciclo agrícola 3 o 4 semanas después.	Las modalidades para el uso de abonos verdes son: asociación con cultivos anuales entre líneas y se incorpora cuando se realice la cosecha.	(COP, 1991); (CONAFOR, 2007); (FAO, 2000); (Lored Osti C., 2005).
Sistemas agroforestales 	Sistemas agro-silvícolas, bajo sombra	Son sistemas y tecnologías de uso de la tierra, que consiste básicamente en la combinación de especies forestales; usadas deliberadamente dentro de las mismas unidades de manejo de la tierra, junto con cultivos agrícolas y ganaderos, con algún arreglo espacial o secuencia temporal, de tal manera que hay interacción ecológica y económica entre los diferentes componentes.	Incrementar las masas forestales a través del impulso de la conservación productiva de sistemas agropecuarios o sistemas agroforestales y garantizar la presencia de una cobertura vegetal permanente.	Propicia una mayor seguridad alimentaria y nutricional a lo largo del año al impulsar el uso de frutales y diversos cultivos agrícolas, la agroforestería ofrece la oportunidad de aprovechar una gran diversidad de recursos asociados a las masas forestales, entre los que se encuentran materiales de construcción, leña, plantas medicinales y productos forestales no maderables.	Precipitación media anual (mm): 400->600 Altitud (msnm): >1000 Pendiente (%): n.d. Profundidad del suelo: n.d. Textura del suelo: n.d.	Organización social necesaria: se lleva a cabo individualmente o en áreas comunales. Sin embargo, es importante que los productores estén dispuestos a conservar los árboles a largo plazo y a invertir el trabajo que requieren para que resulte útil el sistema de manejo. Intensidad de mano de obra: son fáciles de emplear pero, dependerá de los usuarios. Conocimiento previo: no requiere de alto conocimiento previo, por ser en muchos casos una técnica tradicional. Grado de aceptación: es una práctica adoptada ampliamente por agricultores locales	Prácticas de manejo como el raleo y la poda deben tener suficiente distancia para que pase la junta o el tractor, si son especies forrajeras se deben podar de manera que el ganado las alcance para comerlas, de preferencia deben ser leguminosas que aporten nitrógeno a los suelos o que combinen,	Los espacios entre árboles deben tener suficiente distancia para que pase la junta o el tractor, si son especies forrajeras se deben podar de manera que el ganado las alcance para comerlas, de preferencia deben ser leguminosas que aporten nitrógeno a los suelos o que combinen,	Muchas especies de árboles agroforestales proveen un forraje nutritivo, rico en proteína para el ganado, además de un ambiente favorable como la sombra. Durante los periodos secos, cuando escasea el alimento para el ganado, los árboles continúan produciendo forraje de las especies agroforestales durante todo el año.	(Anaya, 1998); (CONAFOR, 2007); (L. Krishnamurthy, 2003); (Lored Osti C., 2005); (L. Krishnamurthy, 1999).

Nombre	Nombre (s) adquirido "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): 400-600 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 50-75 Profundidad del suelo: poca profundidad Textura del suelo media (franco) y fino (arcilla)	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
<p>Rotación de potreros y repastización</p> 	Rotación de agostaderos, pastoreo rotativo (COP, 1991). Planes de pastoreo comunitario (SAS, 2008).	Consiste en pastar distintas áreas, en un orden regular, con periodos variables de descanso para los distintos lotes o campos.	Mantener las tierras de pastoreo productivamente, conseguir el equilibrio adecuado entre el número de acciones y el recurso forrajero.	Al llevar a cabo este tipo de rotación, mejora la cobertura del suelo y reduce el flujo de la erosión así, los sedimentos en los arroyos y presas, mejoran las reservas de carbono.		<p>Organización social necesaria: es necesario establecer acuerdos dependiendo del número de ganado para pastar, el número de potreros y el área total aprovechable. Se requiere de organización cultural y de educación.</p> <p>Intensidad de mano de obra: es difícil lograr este tipo de acuerdos y es un proceso extenso (estatus) sin embargo, por medio de concientización de la importancia, los "ganaderos" adopten la tecnología.</p> <p>Necesidad de conocimiento previo: no se requiere experiencia técnica, talleres.</p> <p>Grado de aceptación: puede haber ejemplos de esta práctica funcionando óptimamente en sus vecinos, sin embargo, no es fácil que adopten la tecnología fácilmente. Así mismo, hay que tomar en cuenta la capacidad de carga de los agostaderos es decir, cuántas unidades animal puede soportar.</p>	Resiembras con pastos nativos, bancos de germoplasma nativos y con alto nivel nutricional, sistemas agroforestales (palo dulce y huizache), manejo de arbustos (podas para que el ganado no afecte los árboles al ramonear).	El criterio principal es el estado de recuperación de las hierbas perennes. Este sistema es más conveniente en praderas ubicadas en zonas semiáridas.	Los retos de la gestión son: la organización de los ganaderos, la transparencia de tecnologías para lograr un cambio de valores, respetando acuerdos para el manejo de los potreros.	(WOCAT, 2007); (FAO, 2000); (COP, 1991).
<p>Barreras de piedra en curvas a nivel</p> 		Son un conjunto de rocas colocadas de manera lineal en curvas a nivel y de manera perpendicular a la pendiente para retener suelo en suelos con presencia de erosión hídrica laminar.	Reducir la velocidad del agua que corre sobre la superficie del terreno, coadyuvar al establecimiento de la vegetación forestal, retener el suelo con zonas con erosión laminar, propiciar la infiltración de agua.	Aumentan la cantidad de agua infiltrada, disminuyen la erosión hídrica laminar, favorecer la disponibilidad de agua para las plantas y mejorar la calidad del agua	<p>Altitud (msnm): 20-2000</p> <p>Pendiente (%): 30 %</p> <p>Profundidad del suelo: poca profundidad</p>	Son las mujeres, las que principalmente se emplean para recoger cierta cantidad de piedra que van apilando en barreras y con ello retener el suelo principalmente de erosión laminar.	Especies forestales y arbustos que puedan utilizarse en barreras vivas.	En todos los casos es necesario el mantenimiento periódico de las barreras, reponiendo las piedras en lugares donde falte.	Esta variante se realiza en terrenos muy pedregosos y se aprovecha la labor de desempedrado del terreno para aprovechar la piedra en los muros.	(COP, 1991); (SAGARPA, 2012); (CONAFOR, 2007).
<p>Rotación de cultivos</p> 	Sistemas de cultivo (SAS, 2008).	Consiste en la siembra de especies diferentes a las anteriormente cultivadas en la misma parcela. Dependiendo de la disponibilidad de agua y tierra, tiene dos modalidades: Anual. Se observa en zonas de agua escasa, por ejemplo en Las Joyas. Lo más común es rotar maíz-frijol y maíz-calabaza. Temporal. Se siembra milpa o maíz solo y posteriormente otro cultivo.	Mantener la fertilidad del suelo, conservar el suelo, disminuir las plagas y enfermedades, estabilizar la producción y mejorar el uso de recursos materiales y humanos.	Pueden remplazarse parcialmente aplicaciones de fertilizantes por el aporte de nitrógeno de leguminosas, el cambio de cultivo interrumpe los ciclos de enfermedades, al alternar cultivos con diferentes hábitos de desarrollo radicular varía la zona de captación de nutrientes y la disponibilidad de los mismos.	<p>Altitud (msnm): n.d.</p> <p>Pendiente (%): n.d.</p> <p>Profundidad del suelo: Dependerá del cultivo a implementar</p> <p>Textura del suelo: n.d.</p>	<p>Organización social necesaria: esta técnica requiere efectuar acuerdos intercomunitarios para establecer normas de solidaridad para la protección y el cuidado de los cercos.</p> <p>Intensidad de mano de obra: dependerá de cada productor.</p> <p>Necesidad de conocimiento previo: es básicamente el conocimiento que tiene el productor al implementar sus cultivos.</p> <p>Grado de aceptación: es una práctica muy conocida por los agricultores y practicada específicamente por los dueños de las tierras o parcelas. es muy necesario divulgar esté tipo de obra.</p>	Agricultura de temporal y de riego.	Las especies dependerán de la zona, podrían sembrarse cereales y leguminosas, además de uno o varios años de pastizal o praderas de especies en combinación. Dichas combinaciones de cultivos se implementan en hileras.	Las rotaciones anuales y temporales dan beneficios como la distracción de plagas y la recarga de nutrientes en el suelo, en la que se reconoce la particular aportación de las leguminosas.	(Anaya, 1998); (www.buzzle.com/articles/soil-conservation-methods.html).
<p>Zanjas a nivel</p> 	Acequias o zanjas de infiltración (SAS, 2008).	Son canales que se construyen a nivel, en dirección transversal a la pendiente, para retener, conservar y ayudar a infiltrar el agua de lluvia que cae sobre las laderas.	Controlar la escorrentía, incrementar la infiltración y captación de agua.	En tlacololes y parcelas sembradas con pico, ayuda en mucho a retener agua y suelo. Creando microclimas, por la humedad que se resguarda.	<p>Precipitación media anual (mm): 500-750</p> <p>Altitud (msnm): 1500-2000</p> <p>Pendiente (%): 12-25</p> <p>Profundidad del suelo: dependerá del tipo de textura</p> <p>Textura del suelo Arcillosos (profundas) y arenosos (barreras vivas en la parte superior).</p>	<p>Organización social necesaria: particular (se pueden apoyar del núcleo familiar).</p> <p>Intensidad de mano de obra: intensa, se requiere mucho trabajo más en zonas pedregosas.</p> <p>Necesidad de conocimiento previo: es relativamente poco el conocimiento que se requiere.</p> <p>Grado de aceptación: Hay algo de creciente adopción espontánea fuera de la zona debido al reconocimiento de los beneficios de los agricultores.</p>	El uso de composta de estiércol, abono verde para mejorar la fertilidad del suelo. Esto ayudará a conservar la humedad que se derrama de la superficie cultivada.	Cada zanja requiere la siembra de barreras vivas en el borde superior de su estructura, para que el agua de escorrentía, el suelo erosionado y otros sedimentos arrastrados por la lluvia no la destruyan. Se pueden abrir pozos para infiltración de los excedentes de agua. Las acequias se recomiendan especialmente para zonas de bajas precipitaciones.	Para reducir costos y tiempo la acequia se construye con ayuda de tracción animal (bueyes o caballos). La construcción de acequias es difícil y costosa en suelos muy pedregosos. En suelos moderadamente pedregosos se pueden construir camellones de piedra en el borde superior de la zanja para reducir la entrada de sedimentos.	(Liniger, H. P. et al., 2011). (Ángeles, 1990).

Nombre	Nombre (s) adquiridos "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 100-600 Pendiente (%): 0-12 Profundidad del suelo: 20 cm Textura del suelo Media (franco) y gruesa (arena)	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
Cerca biológica 	Cercas protectoras	Consiste en sembrar líneas de árboles y arbustos como soportes para el alambre de púas o liso, siguiendo los límites de una propiedad o marcando las divisiones entre potreros según los diferentes usos del terreno.	Disminuir la tala de árboles para madera (usar como postes para soporte de alambre de púas).	Son más duraderas, económicas, adaptadas al medio y además se pueden obtener otros productos.		Organización social necesaria: en la mayoría de los casos la realizan individualmente. Intensidad de mano de obra: los materiales disponibles a nivel local, disminuyen la intensidad de mano de obra . Necesidad de conocimiento previo: La tecnología es técnicamente simple. Grado de aceptación: hay comunidades donde ya es una técnica de uso tradicional.	Resiembra de pastos, guarda ganados, corrales de manejo.	Las plantas utilizadas deben ser de rápido desarrollo en las áreas tratadas.	Es una técnica con un costo muy bajo, ya que se pueden utilizar plantas de la misma localidad.	(Liniger, H. P. <i>et al.</i> , 2011); (COP, 2009).
Asociaciones de cultivos 	Policultivos	Trata de, introducir la biodiversidad en el espacio de dos o más especies diferentes en la misma parcela, de forma que se beneficien mutuamente o que se beneficie una de ellas sin verse afectada la otra.	Proteger el suelo de la erosión, mantener y mejorar la fertilidad del suelo, disminuir la escorrentía y aumentar la capacidad de retención de humedad.	Al preferir la asociación de cultivos se recupera la milpa original, la que reduce la vulnerabilidad ante el clima y las plagas favoreciendo así la biodiversidad.	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): Dependerá del tipo de cultivo. Pendiente (%): n.d. Profundidad del suelo: n.d. Textura del suelo: n.d.	Organización social necesaria: Generalmente esta tecnología la implementan propietarios particulares. Intensidad de mano de obra: dependerá del usuario. Necesidad de conocimiento previo: no requiere de alto conocimiento previo, por lo general los agricultores son los que mejor saben distinguir las asociaciones vegetales en sus tierras. Grado de aceptación: por ser una tecnología tradicional y bien manejada en algunos casos, es aceptada fácilmente por los productores.	Abonos orgánicos, abonos verdes.	Para la elegir las plantas que formaran la asociación se buscará estas cumplan las circunstancias siguientes: crecer mejor juntas que aisladas, no competir entre ellas, ser inmunes a las secreciones de la otra planta, entre otros.	Un caso particular de asociación es cereal-leguminosa, en la que se beneficia el cereal por el aprovechamiento del nitrógeno fijado por la leguminosa, también se beneficia la leguminosa al utilizar el cereal como tutor y permite obtener forrajes más equilibrados y sanos que los producidos en monocultivos.	(Lored Osti C., 2005); (COP, 1991); (COP, 2009); (CONAFOR, 2004).
Labranza de conservación 	Labranza cero, labranza mínima y/o labranza con pico (SAS, 2008).	Consiste en sembrar únicamente en los agujeros abiertos en la tierra con pico o barreta. Se aplica en tlacololes y otras parcelas en laderas muy inclinadas.	Se busca con esta tecnología, mejorar la cubierta del suelo, controlar las salpicaduras de las gotas de lluvia, controlar la escorrentía dispersa, mejorar la estructura del suelo, aumentar la infiltración, incrementar la materia orgánica y reducir la compactación.	Permite ahorrar los costos de renta y mantenimiento de la yunta de bueyes u otras bestias. Se reconoce que la tierra rinde igual que cuando se siembra con arado, y resulta más barato. Además se suelta menos el suelo, lo que reduce su pérdida por erosión.	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 500-1000 Pendiente (%): 3-25 Profundidad del suelo (cm): poca profundidad 20 ó <20 Textura del suelo: Fino-arcilla	Se requiere de mucha capacitación a los usuarios para implementar este sistema. Los productores que han iniciado con este tipo de prácticas, refieren que los vecinos los critican fuertemente por la mala apariencia de los cultivos al usar residuos de cosecha. Aunque hay mucha información sobre este sistema, generalmente no está disponible para productores.	Rotación de cultivos, manejo integrado de plagas, manejo eficiente y responsable de agroquímicos.	Los rastrojos de la cosecha anterior, pueden ser de utilidad para proteger el suelo de las primeras lluvias.	No se sabe se está técnica se derivó del cultivo de tlacolol, tradicional en las regiones, pero promovida en algún momento y hasta la fecha como una buena práctica de conservación de suelos.	(http://www.isric.org/projects/world-overview-conservation-approaches-and-technologies-wocat); (COP, 1991); (Acevedo, 2003).
Compostaje 	Incremento de materia orgánica a base de estiércoles o rastrojo de maíz.	Consiste en incorporar material de origen orgánico al suelo. Está técnica permite revertir el proceso de agotamiento mediante la incorporación de mayor cantidad de materia orgánica de manera progresiva. Aplicando estiércoles sólidos o líquidos para mejorar la fertilidad de suelos agrícolas.	Está técnica pretende incrementar la fertilidad del suelo mediante el uso del rastrojo de maíz, el incremento de materia orgánica promueve la obtención de mejores rendimientos por hectárea. Así mismo, lograr una mejor estructura del suelo lo que ayudará a prevenir la pérdida de suelos por erosión.	Los productos que comúnmente pueden incorporarse son: residuos de cosechas, estiércoles de varias fuentes (pastosos, sólidos procedentes de establo o sólidos procedentes de estabulación libre). "por ser material de la zona, relativamente no tiene costo".	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 500-1500 Pendiente (%): 3-16 Profundidad del suelo (cm): poca profundidad 10 Textura del suelo: arcilla, limo	Organización social necesaria: son obras que se realizan individualmente (por parcelas), por tanto no necesita algún tipo de acuerdos, pero sí de capacitación. Intensidad de mano de obra: dependerá del usuario. Necesidad de conocimiento previo: no requiere mayor conocimiento, se trata de una técnica tradicional. Grado de aceptación: son prácticas de rehabilitación del suelo, que se han implementado tradicionalmente, es fácil su aceptación.	Compostaje, residuos de cosecha, entre otros.	De acuerdo con Andraski <i>et al.</i> (2003), la incorporación de estiércoles a los campos de cultivo puede llevar a pérdidas incrementadas de fósforo por lo que hay que estar pendiente de la falta de este nutriente en los cultivos. Se recomienda la práctica denominada "compostaje" para madurar el estiércol. Mediante esta técnica se favorece la formación de un material prehumificado, fácilmente mineralizable y con una importante carga bacteriana beneficiosa.	Esta obra no debiera tener costo porque no requiere de materiales, sin embargo se puede apoyar al agricultor con el programa de empleo temporal por los jomales necesarios para hacer el picado e incorporación o la recolección de estiércoles.	(Michigan, 1998)
Lombricomposta 	Composta	Es la aportación de abono a partir de lombricomposta para incrementar la materia orgánica (m.o.) en los suelos.	Aumentar la cantidad de m.o. en el suelo y así mejorar la estructura del mismo para evitar su erosión.	Mejoran la estabilidad de los agregados del suelo, estabilizando los materiales orgánicos por la acción de microorganismos.	Precipitación media anual (mm): 500-700 Altitud (msnm): n.d. Pendiente (%): n.d. Profundidad del suelo (cm): n.d. Textura del suelo: n.d.	Organización social necesaria: generalmente se lleva a cabo de manera particular, específicamente mujeres. Intensidad de mano de obra: hay que cuidar y alimentar a las lombrices, y recolectar los líquidos. Necesidad de conocimiento previo: requiere de capacitación técnica para el cuidado necesario y su mantenimiento, así como, concientización. Grado de aceptación: es una tecnología que tiene resultados a corto plazo, en muchas comunidades es un método tradicional y se implementa sin ningún problema.	Capacitación técnica, concientización,	Es recomendable usar la lombriz de tierra común por su mayor prolificidad, no admite grandes densidades y es fisiológicamente distinta. Estas diferencias que no han impedido a la lombriz común mejorar las condiciones de nuestros suelos de cultivo y enriquecerlos durante años, están provocando en muchos sitios su desaparición principalmente por el uso intensivo de agroquímicos.	Es una práctica que ha sido apropiada en la comunidad La Joya. Sin embargo, son escasos los campesinos que la aplican porque es cara.	(Michigan, 1998)

Nombre	Nombre (s) adquiridos "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1000-1200 Pendiente (%): 2-10 Profundidad del suelo: 10-15 cm Textura del suelo: poco arcillosos	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
<p>Surcado al contorno</p> 	Surcos a nivel	Es una operación de labranza para el establecimiento de cultivos, que se realiza de forma perpendicular a la pendiente natural del terreno y siguiendo las curvas de nivel.	Reducir la erosión laminar y en canalillos, reducir el transporte de sedimentos y otros contaminantes del agua, reducir la velocidad del escurrimiento superficial, promover la infiltración de agua en el suelo, y aumentar la humedad disponible para el crecimiento de las plantas, reducir los riesgos de formación de cárcavas y canalillos en terrenos con pendiente.	Se pueden utilizar en toda el área de interés, de preferencia en áreas de cultivo para aprovecharlo al máximo.		Para realizar esta práctica es necesaria la conformación de comité comunitario, darles capacitación para que puedan entender el proceso de desarrollo, sus funciones pero lo más importante que le den continuación (mantenimiento), bajo la supervisión del comité organizador.	Se recomienda combinar el surcado al contorno con otras prácticas mecánicas como las terrazas de formación sucesiva o el establecimiento de barreras vivas.	Si usa manejo de residuo, labranza en camellones o al contorno, evite cruzar excesivamente los surcos en las áreas de la corrección. La altura del surco varía a través del año por efecto de la labranza, operaciones de cosecha, siembra, labranza secundaria e intemperismo. El uso de altura variable en el tamaño del surco puede ser necesario en algunas áreas.	Realizar todas las operaciones la labranza y cultivo paralelas a las líneas guías, terrazas, derivaciones o franjas al contorno, donde se utilicen estas prácticas, garantiza mantener la pendiente en los surcos. (Es una tecnología que con la capacitación y mano de obra puede tener un costo muy bajo (Trazado y construcción).	(COP, 1991); (INIFAP, 1993).
<p>Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustivas)</p> 	Reforestación, revegetación	Es la regeneración de áreas altamente o totalmente deforestadas, con la plantación de especies nativas.	Garantizar el éxito de una reforestación y disminuir la erosión del suelo ya que las plantas nativas tienen mayor adaptabilidad y rápida colonización.	La vegetación actúa como un amortiguador en el suelo además, de que reduce la velocidad del agua en las laderas.	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500->2000 Pendiente (%): 5-90 Profundidad del suelo: Poca profundidad Textura del suelo: n.d.	Realizar este tipo de tecnologías es muy eficaz sin embargo, requiere de capacitación y organización comunitaria. Ocasiona también, mucha mano de obra por el traslado de la vegetación al lugar designado.	Cercas vivas, limitar agostaderos.	Es una práctica que de preferencia se debe implementar en época de lluvias, de preferencia a inicios.	Se debe tener cuidado en las plantas que se usan para reforestar, para que tengan un óptimo desarrollo. Sino son nativas, sus características fisiológicas y fisonómicas deben ser lo más amigable a la zona.	(CONAFOR, 2004); (CONAFOR, 2007); (Navarro et al., 2001).
<p>Franjas vegetativas</p> 	Barreras vivas, franjas nopaleras o franjas magueyereras	Es la siembra a nivel y el manejo de hileras de plantas, distribuidas en la parcela a distancias indicadas de acuerdo a la pendiente.	Ayudan a retener suelo y a reforzar los surcos y las zanjas a nivel. Las plantas que se ocupan (maguey, nopal, pastos, árboles forrajeros, frutales, etc.) aportan beneficios adicionales.	En especial el nopal tiene una alta capacidad de enraizamiento y adaptabilidad a condiciones de escasa precipitación.	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500-2400 Pendiente (%): Se adaptan en zonas de lomeríos y planicies. Profundidad del suelo: someros Textura del suelo: n.d.	Organización social necesaria: en la mayoría de los casos es implementada de forma particular, si es comunitario se forman acuerdos para colectar los nopales y para la plantación. Intensidad de mano de obra: dependerá del usuario. Necesidad de conocimiento previo: no requiere de un alto conocimiento técnico. Grado de aceptación: es una técnica de muy bajo costo por tanto, es aceptada rápidamente además de ser una alternativa de ingreso económico por el valor agregado que se le puede dar al producto.	Limitar el ganado en agostaderos. Cercas vivas o barreras vivas.	Las cepas se deben abrir de preferencia en las épocas de lluvias para que el terreno este blando; se recomienda dejarlas abiertas por tres o cuatro meses antes de la plantación para que capten agua.	En el caso de las nopaleras, es recomendable que los cladodios, se orienten de norte a sur a fin de captar la máxima radiación solar.	(COP, 1991); (COP, 2009); (CONAFOR, 2004) y (FAO, 1976).
<p>Fajinas de ladera</p> 		Son enramados de especies leñosas o herbáceas, orientadas según las curvas de nivel, dotándolas de una ligera pendiente hacia los laterales del talud para drenar el exceso de humedad. Se colocan al tresbolillo con la finalidad de disminuir la longitud de ladera, deben cubrirse con tierra de manera que sólo una pequeña porción sobresalga del terreno, para reactivar la regeneración de la vegetación y así minimizar los procesos de erosión.	El propósito de esta tecnología es que el material vivo de la fajina enraice y pase a formar parte de la cobertura estabilizadora de la ladera.	Permiten la regeneración de vegetación rupícola (formaciones arbóreas y arbustivas que protegen eficazmente las orillas de cauce con el entramado de raíces).	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 5-15 Profundidad del suelo: someros Textura del suelo: n.d.	Es necesario formar acuerdos para llevar a cabo esta tecnología, pueden participar niños, jóvenes y adultos debido a que, implica mucho trabajo (será necesario apoyar a los productores por medio de jornales), y capacitación. Es una tecnología que se presta para convivencia comunitaria.	Es conveniente construir las fajinas de ladera comenzando desde la parte inferior de ésta, por lo que la instalación comienza por la base del talud.	Al elegir el material vegetal se deben tomar en cuenta las especies que desarrollan las yemas de crecimiento con mucha facilidad. Las estacas deben clavarse en la ladera verticalmente y con profundidad suficiente para quedar enrasadas con la parte superior de la fajina.	La profundidad de la zanja debe ser aproximadamente la mitad del diámetro de la fajina. Las especies vegetales que se utilicen pueden ser herbáceas nativas.	http://www.uach.cl/pr oforma/guias/gcsuel o.pdf

Nombre	Nombre (s) adquiridos "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 5-6 Profundidad del suelo: poca profundidad Textura del suelo Arenas y francos	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
Bordos con márgenes vivos 		Es una forma especializada de riego superficial. Se trata de una medida de conservación mecánica, donde se construye un borde con plantación a lo largo de su contorno.	Recolección de agua tanto como sea posible.	El terraplén protege el suelo contra la erosión, mientras el agua se almacena en la zanja.		Organización social necesaria: las familias colaboran con mano de obra para el contorno vivo del borde. Intensidad de mano de obra: el cultivo se lleva a cabo dos o tres veces. Necesidad de conocimiento previo: los usuarios de esta obra deberán adquirir conocimiento técnico moderado. Grado de aceptación: los agricultores cultivan el contorno del borde como medio principal de financiación.	Plantación vegetativa de especies adecuadas.	El contorno se refuerza con cultivo vegetal	El contorno vivo es necesario para evitar escorrentías y pérdidas de suelo.	http://www.isric.org/projects/world-overview-conservation-approaches-and-technologies-wocat .
Diques de piedras 		Son muros (cercas) de piedras de base ancha para retener el agua y la tierra erosionada con una vertedera y un delantal frontal. Se construye perpendicularmente y en forma de media luna a la cárcava.	Minimizar la ampliación de las cárcavas, reducir el transporte de sedimentos, reducir el largo y grado de la pendiente para estabilizar los taludes y reducir la erosión en cárcavas.	El establecimiento de este tipo de obras no requiere inversiones altas ya que, se puede realizar con material disponible en las comunidades	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 20-25 Profundidad del suelo: superficiales y profundos Textura del suelo Arcillas y limos	Organización social necesaria: muchos agricultores ya conocen la tecnología sin embargo, requiere de normas y acuerdos para la colecta del material (piedras), en algunos casos participan niños, jóvenes y adultos. Intensidad de mano de obra: requiere mucho trabajo y por ende, apoyar económicamente a los productores por medio de jornales. Necesidad de conocimiento previo: La construcción de diques requiere experiencia y un nivel moderado a alto de conocimientos. Grado de aceptación: se puede utilizar por todo tipo de productor aunque es más probable que productores medianos y grandes tengan más interés de proteger su terreno de esta forma.	Diques de madera, reforestación y prácticas vegetativas adicionales.	Para no arriesgar la disminución de la escasa vegetación hay que comprar los arbustos/árboles, serán utilizados para sembrar alrededor de la estructura.	Esta tecnología restricciones como, requiere en muchos casos una coordinación entre varios vecinos para lograr un control efectivo de la cárcava.	(PASOLAC, 2001); (CONAFOR, 2007); (COP, 1991).
Terrazas de formación sucesiva 	terrazas Fanya juu (WOCAT)	Son terraplenes asociados con zanjas, a lo largo del contorno o en un gradiente lateral suave. El suelo se coloca en la parte superior de la zanja para formar el muro de contención, que a menudo se estabiliza mediante la siembra de pastos forrajeros.	Reduce el ángulo de la pendiente, incrementa la infiltración, incrementa el almacenamiento de agua en el suelo y controla la escorrentía.	Al retener el suelo se favorece el desarrollo de vegetación natural actuando como protección y por ende, disminuye la erosión.	Precipitación media anual (mm): 750-900 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 5-60 Profundidad del suelo: moderadamente profundos Textura del suelo: Franco	Organización social necesaria: en la mayoría de los casos es individual. Suelen participar las mujeres. Intensidad de mano de obra: en un inicio es moderada, después se agiliza. Necesidad de conocimiento previo: requiere de un conocimiento técnico de apoyo sin embargo, cuando los agricultores llevan a cabo este tipo de técnica la aceptan bien por los resultados óptimos que obtienen, ha habido tendencia de hacer las zanjas y los terraplenes más grandes para una eficaz captura de agua de lluvia.	Terrazas de banco y siembra de árboles.	este tipo de técnica es recomendada a implementación por las mujeres principalmente	No es costosa, a excepción de la mano de obra local	http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manua_l_ac.pdf
Presa filtrante de piedra acomodada 		Son estructuras que se colocan transversalmente a la dirección del flujo de la corriente y se utiliza para el control de la erosión en cárcavas, la construcción consiste básicamente en piedras acomodadas ya sean piedras redondeadas o lajas.	Controlar la erosión en cárcavas, reducir la velocidad de escurrimientos y retener azolves.	Retienen el suelo, estabiliza lechos de cárcavas, permite el flujo normal de escurrimientos superficiales e incrementa la calidad del agua.	Precipitación media anual (mm): 750-1000 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 35 Profundidad del suelo: somero Textura del suelo: Franco	Organización social necesaria: comunitaria, se pueden organizar grupos para implementarla. Intensidad de mano de obra: Su construcción es fácil y se facilita aún más si en el área hay disponibilidad del material. Intensidad de conocimiento previo: se requiere capacitación técnica. Grado de aceptación: hay una tendencia moderada hacia la adopción espontánea. En nuestro país, las presas de piedra acomodada son las más utilizadas, ya que para su construcción no se requiere mayor experiencia y es necesario únicamente seguir especificaciones generales.	Es conveniente plantar especies forestales o pastos en los terraplenes que se van formando con la acumulación de sedimentos, una vez que se hayan estabilizado e integrar otras prácticas como: afine de taludes, reforestación, zanjas derribadoras de escorrentía, terrazas y protección de caminos.	La obra se recomienda para cárcavas con pendientes moderadas donde la superficie del área de escurrimiento genere flujos de bajo volumen, ya que son estructuras pequeñas. Para lograr un funcionamiento óptimo en la presa, se debe procurar que entre las piedras acomodadas no queden espacios (rellenarlos con piedras pequeñas).	La construcción de esta tecnología ha sido una de las prácticas de conservación de suelos más utilizada para el control de azolves en cárcavas. No es conveniente usar rocas que se desintegren o desmoronen fácilmente y sean de bajo peso, debido a que pueden ocasionar la destrucción de la presa, el arrastre del material y el mal funcionamiento de la obra.	(CONAFOR, 2007); (COP, 1991); (Pineda <i>et al.</i> , 2004).
Presa filtrante de geocostales 		Son presas hechas a base de geocostales (geotextiles rellenos con suelo), estas estructuras se ordenan en forma de barrera que se colocan en contra de la pendiente para controlar la erosión en cárcavas.	Reducir la velocidad de escurrimientos, logrando con esto reducir la erosión hídrica, estabilizando el fondo de cárcavas y al detener los azolves se favorece la acumulación de sedimentos y desarrollo de especies vegetales.	Es una alternativa ante la ausencia de materiales como ramas, troncos o piedras.	Precipitación media anual (mm): 750-1000 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 10-35 Profundidad del suelo: somero Textura del suelo: Franco	La intensidad de mano de obra implica mucho trabajo, ya que son labores que se tienen que realizar a mano, por ser de altas pendientes se tiene que trasladar el material o agua. la organización es básicamente organizar comités donde participen hombres, mujeres y jóvenes para involucrarlos en la importancia y por ende, en su mantenimiento.	Sembrar o plantar especies vegetales en la zona de acumulación de sedimentos para promover una mejor estabilización del fondo de la cárcava.	El suelo extraído en la construcción de la zanja se puede utilizar para rellenar los geocostales. Obra recomendada en cárcavas menores de un metro de profundidad, donde el escurrimiento superficial no es de gran volumen.	Es conveniente hacer inspecciones a las presas de costales periódicamente, sobre todo después de lluvias intensas para controlar su correcto funcionamiento. En caso de haber algún socavamiento es importante corregirlo de inmediato para evitar que la cárcava crezca.	(CONAFOR, 2007); http://www.buzzle.com/articles/soil-conservation-methods.html .

Nombre	Nombre (s) adquiridos "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): <500 Altitud (msnm): 1500-2000 Pendiente (%): 10-50 Profundidad del suelo: moderadamente profundo Textura del suelo Franco	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
 <p>Terrazas individuales</p>	cajeteo	Son plataformas de sección circular o rectangular, trazados en curvas a nivel de un metro de diámetro en promedio. Se construyen antes de la plantación de árboles frutales o de cultivos semi-permanentes con el fin de captar el agua de escorrentía o de precipitación facilitando así su almacenamiento e infiltración.	Evitar la erosión de laderas, retener el suelo de las escorrentías, capturar agua de los escurrimientos superficiales y sobre todo proveer mayor humedad para el desarrollo de especies forestales o frutales.	Garantiza un mayor establecimiento de árboles en reforestaciones en terrenos con pendiente ya que ayuda a acumular humedad en las cepas.		Organización social necesaria: organizar grupos de la misma comunidad para efectuar la siembra así, se les apoya con empleo temporal. Intensidad de mano de obra: dependerá de la organización de la comunidad. Necesidad de conocimiento previo: no requiere de conocimiento técnico especializado. Grado de aceptación: hay productores que desde hace años incluso la han implementado, será cuestión de que los vecindarios vean y la implementen por el rendimiento que esta técnica tiene.	Una actividad importante en la aplicación de esta práctica es la estabilización de taludes en la zona de corte y relleno mediante la colocación de piedras o cultivos de cobertera para evitar la destrucción de la obra y un mal funcionamiento.	En regiones semiáridas, se debe reducir la cantidad de terrazas y árboles para evitar la competencia por humedad. Se deben construir bordos sobre las curvas a nivel para retener escurrimientos y captar mayor cantidad de agua.	Algunas desventajas que pueden restringir su uso son: el costo de su construcción, la limitación que la zona de crecimiento de raíces de los árboles tiene por la reducción del diámetro de la terraza a medida que la pendiente aumenta.	(CONAFOR, 2004); (COP, 1991); (COP, 2009).
 <p>Cerco perimetral en potreros</p>	Cercos, cerco para áreas de exclusión, cercos de protección o de aislamiento (SAGARPA, COP, 2009).	Son cercas de protección para evitar el libre tránsito del ganado que construye con alambre de púas sujeto a postes.	Delimitar agostaderos y dividir potreros para evitar el sobrepastoreo, así como impedir el pastoreo y el pisoteo de los animales en áreas reforestadas, en bordos de almacenamiento, y en zonas de recarga de manantiales.	Permite el desarrollo de la vegetación óptimamente.	Precipitación media anual (mm): 500->750 Altitud (msnm): 500-2500 Pendiente (%): ligeras Profundidad del suelo: poca profundidad Textura del suelo Franco	Es una práctica que requiere de acuerdos comunitarios para implementar cercos en áreas comunales sin embargo, se pueden implementar de manera particular. Concientización y capacitación.	Guardaganados y rotación de ganado.	Se recomienda que el cerco cuente con un portón de entrada para impedir el libre paso del ganado al interior del predio, además para dar un poco de más disciplina y seguridad en el área de exclusión.	La instalación de un cerco se deberá contar con un plano con los límites de la propiedad, la localización de abrevaderos, la pendiente, los vados, las reforestaciones, arroyos, ríos y caminos.	(COP, 1991); (CONAFOR, 2007).
 <p>Presa de morillos</p>	Presa de palos y ramas	Son estructuras conformadas con postes o troncos. Se usa temporalmente y se construye en sentido transversal a la dirección del flujo de corrientes superficiales, comunes para el control de cárcavas en áreas donde es posible conseguir este tipo de material.	Con esta obra se pretende reducir la velocidad de escurrimientos, retener azolves, propiciar condiciones favorables para el establecimiento de cobertura vegetal que estabilice el lecho de la cárcava y retener humedad.	Disminuye la erosión hídrica, controla azolves, detiene el crecimiento de cárcavas.	Precipitación media anual (mm): 250-750 Altitud (msnm): 500-1000 Pendiente (%): 5-16 Profundidad del suelo: superficial Textura del suelo Franco y arenoso	Organización social necesaria: debe haber acuerdos para la colecta del material, implementación y mantenimiento. Intensidad de mano de obra: su construcción es muy sencilla sin embargo, es laboriosa. Necesidad de conocimiento previo: demanda poco conocimiento técnico. Grado de aceptación: es una técnica relativamente fácil de reproducir y más cuando los materiales están disponibles.	Siembra de plantas herbáceas, aguas arriba.	La altura efectiva de estas estructuras no debe ser mayor de 1.5m y su uso se recomienda particularmente para efectuar el control de cárcavas pequeñas y angostas.	La tierra que se extrae de la zanja, debe colocarse aguas arriba de esta barrera, considerando que este tipo de trabajo es casi imposible (mover la tierra), es muy necesario evaluar la viabilidad de esta acción.	(COP, 1991); (http://www.isric.org/projects/world-conservation-approaches-and-technologies-wocat); (COP, 2009)
 <p>Muro de contención</p>		Es una estructura sólida hecha a base de mampostería y cemento armado que está sujeta a flexión por tener que soportar empujes horizontales de diversos materiales, sólidos, granulados y líquidos.	Detener o reducir el empuje horizontal debido a: tierra, agua y vientos en las vías de comunicación terrestre, fluvial, oleaje, aludes y erosión en las riberas.	Su uso controla el deterioro de los márgenes de los ríos, son de utilidad en el mantenimiento de las áreas útiles de cultivo y también sirven para la delimitación de predios.	Precipitación media anual (mm): 500-1500 Altitud (msnm): 1500-2500 Pendiente (%): 5-30 Profundidad del suelo: superficial Textura del suelo Franco y arenas	Su implementación de esta práctica genera empleos temporales, son más económicas que otras estructuras, su cálculo y construcción son fáciles; no requieren de mantenimiento sofisticado, es fácil conseguir los materiales con que se construyen.	Cercas de contorno para limitar el paso del ganado.	Es importante limitar las áreas específicas para el ganado y evitar daños en las estructuras, y reparar las roturas si aumenta la formación de terrazas, después de las fuertes tormentas.	La estructura requiere un mantenimiento regular. Puesto que las paredes de piedra se hace a menudo de piedras pequeñas, que no son estables.	http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasCOUSSA.aspx .
 <p>Presas de gaviones</p>	Muros de retención, espigones, presas de control SWCC-Georgia, 1996.	Son cajas de forma prismática regular, fabricadas con malla metálica de triple torsión, de alambre galvanizado, rellenas con piedra y unidos entre sí con fuertes ligaduras de alambre, utilizado en el revestimiento de canales, control de drenaje, retener azolves, retención de muros y controlar escorrentías, represas.	Parar el arrastre sedimentario lateral de los taludes. Reducir la erosión hídrica, disminuir a velocidad del escurrimiento y su poder erosivo, evitar el crecimiento en profundidad y anchura de las cárcavas y retener y favorecer la infiltración de agua de lluvia.	Esta estructura se adapta a diversas condiciones, es fácil su construcción. Retiene azolves, evita el azolvamiento de los vasos de almacenamiento, estabiliza el fondo de la cárcava y favorece la retención e infiltración de agua y la recarga de acuíferos.	Precipitación media anual (mm): 500-750 Altitud (msnm): 1500-2500 Pendiente (%): 8-30 Profundidad del suelo: superficial Textura del suelo Franco, arenas y arcillas.	Organización social necesaria: requiere de una alta organización ya que la construcción requiere que sea supervisada por personas con suficiente experiencia en la materia. Intensidad de mano de obra: requiere de una intensa mano de obra y tiempo empleado, además de un costo alto debido al material para su construcción. Necesidad de conocimiento previo: se requiere de un cálculo de ingeniería específico. Grado de aceptación: la aceptación por parte de los usuarios hacia la tecnología es baja porque requiere de mucha experiencia en ciertas especificaciones de la obra.	Diques de piedra, diques de madera, reforestación, zanjas de infiltración y zanjas de coronación, barreras de vegetación a los lados de la obra.	Se debe elegir piedra de mayor firmeza y peso (considerar el material que se encuentre disponible en el área). Considerar la protección de taludes con otros materiales para poder estabilizar totalmente una cárcava y tomar en cuenta las medidas de seguridad del personal responsable de la construcción. Es recomendable implementarlas en cárcavas con alturas mayores de 3 metros.	Con poco apoyo financiero, un monitoreo regular y poco esfuerzo, se puede mantener la tecnología en buen estado. Cuando el objetivo es captar agua para consumo, se debe realizar en la boquilla del área de captación y revestir la parte que se impacta con los escurrimientos.	(DGCSA-SARH.1982); (SWCC-Georgia, 1996) y (CONAFOR, 2007).

Nombre	Nombre (s) adquiridos "según la fuente"	Definición	Objetivos	Ventajas	Precipitación media anual (mm): Altitud (msnm): Pendiente (%): Profundidad del suelo: Textura del suelo	Necesidades sociales	Tecnología de apoyo	Recomendaciones	Observaciones	Fuente
<p>Tomas en media luna</p> 	Pozos en forma de escamas de pescado	Son estructuras construidas a base de piedras que se acomodan en media luna paralelas a la pendiente, se utilizan para controlar erosión y además forman el efecto nodriza es decir, manchones de vegetación de diferentes tamaños y composición específica.	Conservar y retener la escorrentía procedente de pendientes accidentadas. Así mismo, capturar el sedimento transportado por las pendientes y, mantener la humedad.	Es una práctica para captar sedimentos y es adecuada en zonas donde la falta de humedad es alta.	400-750 1000-2000 8-30 superficial Franco, arcilla y arena	Organización social necesaria: se organizan grupos de mujeres, hombres y niños para el establecimiento de la obra. Intensidad de mano de obra: requiere de alta demanda de mano de obra, debido al transporte del material hacia donde se vaya a construir la práctica (depende de la disponibilidad de material en el área). Necesidad de conocimiento previo: no se requiere mayor experiencia y es necesario únicamente seguir las especificaciones generales. Grado de aceptación: es una práctica muy reconocida por los agricultores, se ha implementado desde hace años en algunas comunidades y por tanto, no es una novedad, solo hay que reforzar algunas especificaciones técnicas como medidas más anchas, etc.	Revegetación con especies de la región.	Esta práctica es eficiente si conjuntamente se promueve el desarrollo de vegetación, para disminuir la velocidad de los escurrimientos.	Una de las desventajas primordiales para esta obra es, requiere de un diseño y construcción adecuada. Es incosteable en zonas donde no haya piedras disponibles de manera natural.	(http://www.isric.org/projects/world-overview-conservation-approaches-and-technologies-wocat); (COP, 2009) y (COP, 1991).
<p>Cabeceo de cárcavas</p> 		Consiste en el recubrimiento con material inerte como piedras, cemento o material vegetal muerto de estructuras que tienen la finalidad de amortiguar la energía de caída de la escorrentía.	Evitar el crecimiento longitudinal de la cárcava y por lo tanto la erosión remóntate, estabilizar y cubrir los taludes en la parte inicial de la cárcava y disminuir la pendiente de los taludes para evitar deslizamientos.	Cubre el suelo descubierto evitando el impacto de las gotas de lluvia y las corrientes de agua, disminuyen la erosión en cárcavas y mejora la calidad del agua.	500-750 1500-2500 10-35 superficial	Organización social necesaria: por tratarse de una obra pequeña se pueden organizar jóvenes, mujeres y hombres para llevarla a cabo. Intensidad de mano de obra: si el área donde se pretenda implementar existe abundancia de piedras es menos el trabajo, de lo contrario, requiere una intensa mano de obra y tiempo. Necesidad de conocimiento previo: No se requiere de una gran experiencia pero, si de una guía técnica inicial. Grado de aceptación: el beneficio de esta obra y la facilidad de implementación, para los agricultores es alto, por lo tanto la aceptación es ventajosa.	Suavizado de taludes de cárcavas, canales de desagüe aguas arriba de cárcava y presas gaviones, colchón hidráulico.	Cuando la cárcava presenta erosión remóntate y de una profundidad menos de 2 m, se debe suavizar el talud con una pendiente de 1:1.	Se puede cambiar el colchón hidráulico por una presa de control de azolves, a uno o dos metros después del cabeceo, cuidando que este bien empotrada hacia los lados y hacia abajo.	(SAGARPA, 2009); (COP, 2009).
<p>Empastado de taludes de cárcavas</p> 		Método de estabilización de taludes en cárcavas que se basa en el establecimiento de pastos que protegen por su densidad del sistema radicular y de la capacidad de cobertura vegetal del terreno.	Proteger los taludes contra la erosión hídrica, ya que disminuye la velocidad de escurrimientos por aumento de rugosidad, da firmeza y estabilidad al suelo que constituye el talud.	Esta acción tiene el mínimo costo de establecimiento y permite mejorar la calidad escénica de un paisaje.	100-1000 1000-2500 8-30 superficial Franco, arcilla y arena	Organización social necesaria: se pueden formar grupos para la colecta de piedras en la zona y la construcción de la obra, donde participan hombres, mujeres y niños. Intensidad de mano de obra: alta es muy laboriosa. Necesidad de conocimiento previo: se requiere de capacitación técnica para la implementación de esta práctica. Grado de aceptación: si efectúan conscientemente el acuerdo de distribución de trabajos en las áreas comunales/ejidales su aceptación debe ser óptima.	Suavizado de talud, canales de desvió, presas filtrantes.	El empastado debe realizarse con especies de rápido enraizamiento y adaptadas a las condiciones climáticas locales. El empastado se debe efectuar de preferencia al inicio de la temporada de lluvias.	Los empastados pueden sembrarse directamente plantado estolones o sembrando semillas sobre una capa de suelo orgánico.	(SAGARPA, 2009); (COP, 2009).
<p>Subsuelo o cinceleo</p> 	Labranza de subsolación	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.	Aumentar temporalmente la porosidad del suelo si se realiza a capacidad de campo.	Rompe las capas o costras compactadas y afloja el suelo sin invertirlo; así no lleva el subsuelo a la superficie y deja la mayoría de los rastrojos sobre el suelo.	400-6000 1000-2500 n.d. 30cm francos, arcillas y limos	Organización social necesaria: este tipo de tecnologías se implementa generalmente en parcelas particulares. Intensidad de mano de obra: requiere de mucho trabajo sin embargo, se puede desarrollar de manera familiar donde participen Jóvenes, mujeres y hombres. Necesidad de conocimiento previo: los agricultores en la mayoría de los casos, no la implementan como una técnica tradicional, debido a que requiere de mucho tiempo. Grado de aceptación: es una obra tradicional en México sin embargo, por los requerimientos de trabajo casi no se practica.	Se pueden implementar especies nativas, incorporar materia orgánica como abonos verdes, compostaje, etc.	El suelo debe estar seco o ligeramente húmedo. Debe haber rastrojo ya que puede causar atascamientos.	La subsolación se puede hacer solamente cuando el suelo ésta seco hasta ligeramente húmedo lo cual es más difícil en suelos arcillosos.	(FAO, 2000); (COP, 2009).
<p>Mejoramiento de caminos</p> 	Lomo de toro	Es una técnica poco conocida que brinda efectos positivos para evitar el devastamiento de las tierras	Conservar las carreteras y caminos en buen estado, para evitar que sean efectos de erosión	Es fácil de instalar, se puede hacer al momento que se elabora el camino	n.d. n.d. n.d. n.d. francos, arcillas y limos	En las cuencas rurales la organización de los habitantes es primordial (no esperan a que las instituciones gubernamentales vayan a ofrecerles apoyo para este tipo de obras), debido a que, les cuesta menos proteger y conservar en buen estado las cunetas para evitar la erosión, que tenerlas luego que rehabilitar (implica mucho más trabajo para ellos). Hombres y mujeres colaboran arreglando los lomos de ladera (acomodando piedras) limpiado las alcantarillas para poder llevar a cabo este tipo de actividades.	Piedras, herramienta de albañilería, especies nativas para sembrar en las orillas.	Los agricultores y público en general se beneficiarán considerablemente si los terratenientes, en colaboración con las dependencias pertinentes del gobierno, aportan sus esfuerzos para proteger y conservar en buen estado los lomo de laderas de los caminos.	(Servicio de Conservación de Suelos, 1974)	

BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, E. y Silva, P. 2003. Agronomía de la Cero Labranza. Santiago, Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Serie Ciencias Agronómicas N° 10. 118pp.

Anaya Garduño Manuel, 1998. Agencia de Cooperación Técnica IICA-México. Sistemas de Captación de agua de lluvia en América Latina y el Caribe: Base para el Desarrollo Sostenible. Manual Técnico. 89 Pág.

Ángeles Lazo Roberto, Galarza Bejarano Santos, Cruzado Aguilar Enrique, Pinillos Zuñiga Carlos y Uribe Chuecas Carlos. Manual de conservación de aguas y suelos, Lima- Perú, Marzo, 1990. 83 Pp.

BEIJING FORESTRY UNIVERSITY CHINA. "Soil erosion and control measures on the loess plateau, china wu bin". <http://www.unisdr.org/wcdr/thematic-sessions/presentations/session4-10/dr-wu-final.pdf>. Consultado el: 19/05/2012.

Colegio de Postgraduados. 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. 3ra Editorial del Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. De México. 248 pág.

Colegio de Postgraduados, 2009. Catálogo de obras y prácticas de conservación de suelo y agua. Campus Montecillo. 66 Pág.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2004. Manual de obras y prácticas de protección, restauración, y conservación de suelos forestales. 2da. Edición. México. Editorial Juisa S.A. DE C.V. 222 Pág.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), 2007. Manual de obras y prácticas. 3ra. Edición. Jalisco, México. ISBN 968-6021-19-1. 298 Pág.

DGCSA-SARH.1982. Manual de Conservación del Suelo y del Agua. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. Pp488-494.

Foster, B. Albert, 1990. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial F. Trillas, S.A. México. 411 pág.

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 1993. Terrazas de muro vivo para sustentar la productividad en terrenos agrícolas de ladera, INIFAP, México.

Liniger, H. P., R. Mekdaschi Studer, C. Hauert and M. Gurtner. 2011. Sustainable Land Management in Practice – Guidelines and Best Practices for Sub-Saharan Africa. TerrAfrica, World Overview of Conservation Approaches and Technologies (WOCAT) and food Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Lored Osti C. (Ed). 2005. Prácticas para la conservación del suelo y agua en zonas áridas y semiáridas. INIFAP-CIRNE-Campo experimental. San Luis. Libro técnico No. 1. San Luis Potosí, S. L. P. México. 187 p.

L. Krishnamurthy y Marcelino Ávila (1999), Agroforestería básica, Serie de textos básicos para la formación ambiental, núm. 3, FAO-PNUMA, México, 340 pp.

L. Krishnamurthy, Krishna Krishnamurthy, Indumathi Rajagopal y, Arroyo Guadarrama Antonio (2003). Alternativas productivas. Introducción a la agroforestería para el desarrollo rural. 1ra Ed. SEMARNAT. México. Pp. 91. ISBN 968-817-609-5.

Michigan Agricultura Division. 1998. Organic management. Michigan State University extension Bulletin E-2682.

Navarro, Guillermo V; Mauricio V. Lemus y Rodrigo Vázquez (2001). Manual para el desarrollo de obras de conservación de suelo, Corporación Nacional Forestal San Fernando/ Gobierno de Chile, Santiago de Chile.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 1976. Conservation in arid and semi-arid zones. Conservation guide No. 3. Rome. FAO. 125 p.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Volumen 8 de Boletín de tierras y aguas de la FAO. Editorial Food & Agriculture Org. 220 Pág.

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2002. Agricultura de conservación. Estudios de casos en América Latina y África. Volumen 78 de Boletín de suelos de la FAO. Roma. 89 Pág. ISSN 1020-0657.

Pineda López R. y G. Suárez R. 2004. La valoración rural rápida en la conservación y producción de las cuencas. UAQ, México.

Programa para la Agricultura Sostenible en Laderas de América Central (PASOLAC), 2001. Guía técnica de conservación de suelos y agua. 1ra. Edición, San Salvador. 222 pág.

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Fichas técnicas sobre actividades del componente de conservación y uso sustentable de suelo y agua (COUSSA).

SWCC-Georgía,1996. Manual for Erosión and Sediment Control in Georgia. Georgia Soil and Water Conservation Commission. Fourth Edition. Athens, G.A. USA. Pp.637.

Servicio de Conservación de Suelos, Departamento de Agricultura de los E.U.A., 1974.

WOCAT, 2007. Where the land is greener – case studies and analysis of soil and water conservation initiatives worldwide. Editors: Hanspeter Liniger and William Critchley.

Links consultados:

Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación de México (SAGARPA). Fichas técnicas sobre actividades del componente de conservación y uso sustentable de suelo y agua (COUSSA). Responsables: Dir. General de Promoción de la Eficiencia y Calidad en los Servicios. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Publicaciones/Paginas/FichasCOUSSA.aspx>. Consultado el: 19/05/2012.

Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales, Instituto Forestal (INFOR). Guía de Conservación de Suelos Forestales. Valdivia, Chile 1999. <http://www.uach.cl/proforma/guias/gcsuelo.pdf> consultado el: 19/05/2012.

<http://www.isric.org/projects/world-overview-conservation-approaches-and-technologies-wocat> consultado:

<http://www.buzzle.com/articles/soil-conservation-methods.html> consultado: 5/05/2012.

http://www.fao.org/copyright_es.htm consultado: 18/05/2012.

www.wocat.net consultado: 20/06/2012.

http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cuba_manual_ac.pdf consultado: 25/06/2012.

CAPÍTULO V. PERCEPCIÓN DE DEGRADACIÓN Y CONSERVACIÓN DE SUELOS EN LA MICROCUENCA LA JOYA

V.1 INTRODUCCIÓN

Los problemas ambientales del mundo contemporáneo son esencialmente problemas sociales (Leff y Carabias, 1993). Por lo tanto, para planear la solución de la problemática ambiental es necesario conocer primero, cómo los grupos involucrados perciben las transformaciones del medio y, segundo, cómo diversos pensamientos se estructuran y se enfrentan al quehacer ambiental (Lazos y Paré, 2000).

En este sentido, los estudios sobre las percepciones ambientales, buscan atender la forma en la que cada individuo o colectivo social conocen, valoran y se apropian de su entorno natural, lo cual determina las formas de manejo de los recursos naturales, así como las opciones que los pobladores tienen para tomar sus decisiones (White, 1985; Arizpe et al, 1993; Lazos y Paré, 2000, Batista et al., 2011).

Dentro del contexto de la degradación del suelo, el conocer la percepción local sobre el recurso y su deterioro, y la interpretación de los diferentes factores sociales, culturales y económicos que han influido en dicha visión; debería ser el punto de partida para el diseño e implementación de estrategias y prácticas de conservación de los suelos, siendo esencial también para la adopción de las mismas (Amaresakara et al., 2009; Graaf, 1993; Boardman et al., 2003).

En este estudio se buscó comprender cómo distintos actores sociales que inciden en la microcuenca La Joya, conciben y explican el proceso de degradación del suelo, sus causas y consecuencias, así como sus alternativas de solución.

V.2 MÉTODO

En el presente estudio se buscó comprender cómo los habitantes de la microcuenca La Joya, conciben y explican el proceso de erosión del suelo, sus causas y consecuencias, así como el desarrollo de alternativas de solución o prácticas locales del manejo de dicho recurso. Para ello, se incorporó el conocimiento y experiencia de los actores locales. A partir de las geoformas en el sistema morfo-edafológico, donde están insertas las tres comunidades que comprenden la microcuenca (La Joya, Charape-La Joya y Pinalillo), sobre las cuales se identificaron los informantes clave.

Los informantes clave son personas que pueden brindar información precisa o detallada de su comunidad y territorio en general, retomando como base su experiencia o conocimiento sobre temas específicos. Dichos informantes clave fueron identificados a partir de su participación y colaboración en los proyectos que se llevan a cabo en el Centro Regional de Capacitación en Cuencas. Se plantearon entrevistas semiestructuradas (anexo 6), como instrumento metodológico flexible y abierto al diálogo, tomando como referencia las consideraciones de la metodología propuesta por el Programa *Man and the Biosphere*, de la UNESCO (Whyte, 1985). Dicha entrevista tuvo como objeto conocer las prácticas locales del manejo del suelo en la microcuenca La Joya, en conjunto con los habitantes de la misma. Esto con la finalidad de evaluar la percepción, así como, valorar si los actores están conscientes de cómo procesos de erosión paulatina afectan su calidad de vida.

Lo anterior se plantea, aunque la inceptión, aceptación y ejecución de las prácticas de conservación. Los principales temas abordados en dicha entrevista se relacionan con la adopción de prácticas de conservación de suelos (De Graff *et al.*, 2008). En total, se entrevistaron 11 informantes clave en las tres comunidades (La Joya, Charape-La Joya y Pinalillo), correspondientes a la zona de estudio. La información recabada en las entrevistas, se analizó en gabinete sometiendo a estadísticas descriptivas pero también con el apoyo de puntos de vista particulares realizados durante las entrevistas con la finalidad de interpretar las diversas cosmovisiones de los actores entrevistados, en relación con la problemática del suelo y su posible solución.

V.3 RESULTADOS

LAS ENTREVISTAS

Se aplicaron once entrevistas a los habitantes de las tres comunidades que integran la microcuenca: Seis entrevistas para la comunidad La Joya; tres para la comunidad El Charape y dos para la comunidad El Pinalillo.

De las once personas entrevistadas 6 son de la comunidad La Joya, 3 de Charape-La Joya y 2 de Pinalillo; 5 son mujeres y 6 son hombres de esa totalidad seis habitantes de la microcuenca son ejidatarios, cuatro son avecindados y, uno es pequeño propietario. La migración es un tema socialmente preocupante, sin embargo, en la microcuenca La Joya la mayoría de los esposos e hijos han migrado por motivos económicos, buscando un mejor nivel de vida, mejores condiciones de trabajo y remuneración, o en casos más críticos, el acceso a un empleo. Los habitantes migran a los municipios más cercanos como, Santa Rosa Jáuregui, la ciudad de Querétaro o Estados Unidos. Haciendo quehaceres como ama de casa, albañiles, o en los trabajos que pueden conseguir en E.U.A. Además, de que sólo dos de ellos estudiaron secundaria, tres primaria y seis no pudieron estudiar.

Cabe señalar que durante la realización de las entrevistas, hubieron algunas dificultades en la aplicación de las mismas, lo que también influyó en el tamaño final de la muestra.

1. El periodo en el cual se llevaron a cabo las entrevistas (septiembre), coincidió con una temporada de alta actividad en el campo, por lo que la mayor parte de la población se encontraba trabajando en sus parcelas ubicadas en los poblados próximos, ajenos a la microcuenca. Esto dificultó su localización.
2. El difícil acceso a las comunidades, en particular El Pinalillo, en donde además hay un alta dispersión de las viviendas; también influyó en el número de entrevistas aplicadas en la localidad.
3. Finalmente se ocurrió al apoyo del Centro Regional de Capacitación en Cuencas, para contactar a algunos habitantes identificados por ellos como informantes clave. Esto fue identificado posteriormente como un sesgo en los datos, derivado de la influencia del CRCC en parte de la población.

Figura 18. Entrevistas realizadas a algunos actores locales de la microcuenca La Joya

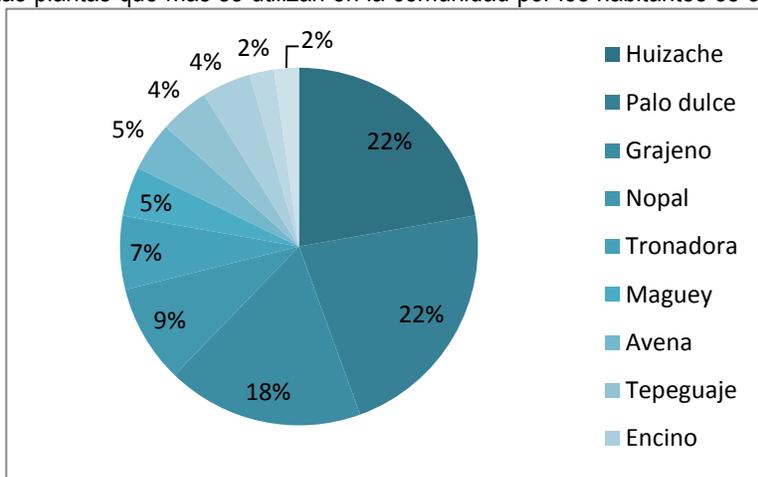


ANÁLISIS DE LAS RESPUESTAS

A continuación, se presentan los resultados de las preguntas consideradas dentro de las entrevistas.

1.- ¿Cuáles son las plantas que usted utiliza (leña, forraje y control de erosión)? Y ¿Dónde se encuentran?

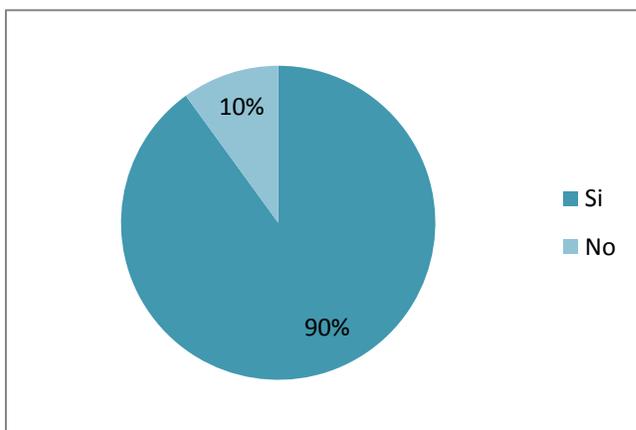
Las plantas que más se utilizan en la comunidad por los habitantes es el huizache, palo dulce, granjeno, nopal,



tronadora, maguey, avena, tepeguaje y encino. Sin embargo, comentan que hace algunos años había más encino en los cerros y por el uso desmesurado en la zona y las plagas solo quedan unos pocos, el huizache se observa en toda la microcuenca creciendo en manchones, el uso que le dan además de leña, es para forraje

(cuando están pequeños). Todos los habitantes coinciden al decir que están plagados por el muérdago (planta parásita). Es necesario hacer una investigación exhaustiva para controlar estos árboles que son de suma importancia para la comunidad. Además, el palo bobo es abundante en la microcuenca pero, intoxica a los caballos.

2.- ¿Ha reforestado alguna vez con alguna de dichas plantas? ¿Por qué considera que es importante reforestar?

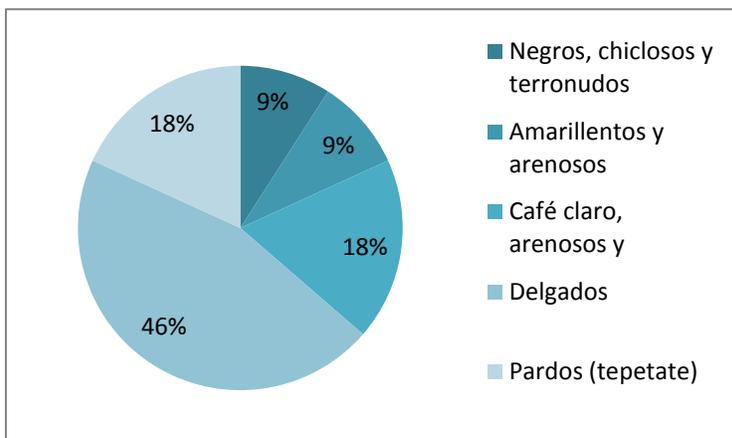


Prácticamente todos los entrevistados, han llevado a cabo reforestaciones, generalmente en sus parcelas, y en menor medida en tierras de uso común, pues manifiestan que en éstas los cuidados y la viabilidad de las plantas disminuye porque nadie se hace cargo: *“aunque hay acuerdos, nadie los respeta”*. Prefieren el uso de plantas nativas por sobre otras introducidas: *“prefiero reforestar con plantas de*

aquí, pus son las que más aguantan...”. Algunos han participado en programas de reforestación promovidos con CONAFOR, en donde señalan que se han sembrado eucaliptos. 90

Respecto a la importancia de reforestar, todos reconocieron la misma, comentando de las ventajas para los animales (sombra), el agua (infiltración) y la parte estética del paisaje: “cuando siembran mucho árbol los terrenos se ven bonitos y retienen el agua para que no baje tan rápido...”. “Reforestar para mí es importante como dejarle oxígeno a mis nietos”.

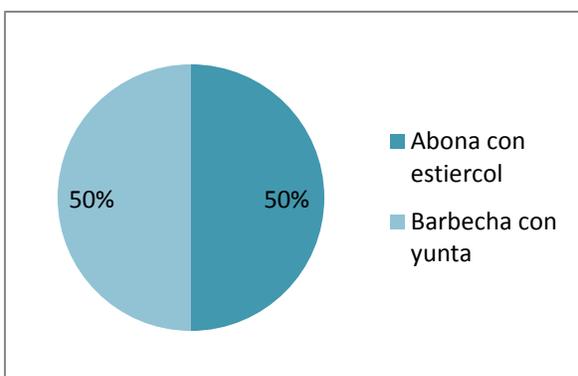
3.- ¿Qué tipo de suelos tiene en sus terrenos?



El 18% de los pobladores tienen suelos negros, chiclosos (por la presencia abundante de arcillas) y aterronados (duros) en tiempo de sequía. De los cuales el 46% dice tener en sus terrenos suelos muy delgados, incluso hay personas que dicen “mis tierras hace algunos años eran de color pardo (bonitas y me

daban buenas cosechas) y ahora es rojiza: “son tepetates donde ya no entra ni el arado y todo el suelo se lo ha llevado el agua porque baja muy rápido”.

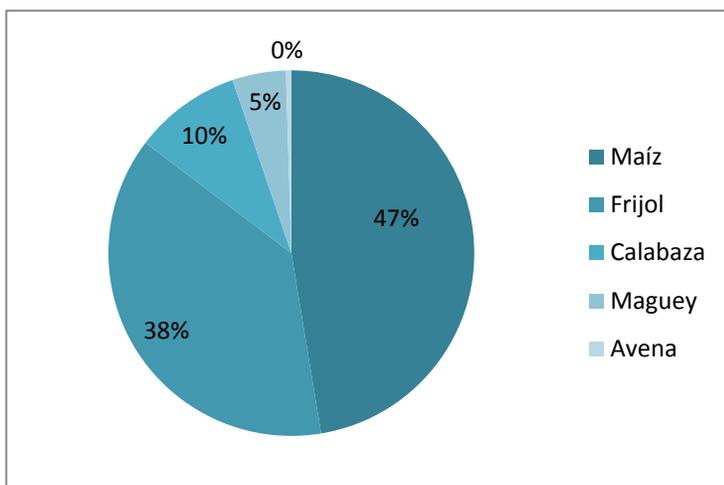
4.- ¿Cuál es el proceso de preparación de sus terrenos para sembrar?



En todas las respuestas los entrevistados señalaron que primero se lleva a cabo el barbecho del terreno, y el arado del mismo, con yunta de caballos o de bueyes. Esta actividad generalmente involucra un esfuerzo colectivo. En el que participan los miembros de la familia. Posteriormente agregan estiércol de los animales que poseen, principalmente cabras y en menor medida vacuno. Dicha práctica parece

arraigada en los pobladores, quienes manifiestan que la aplicación de fertilizante natural les ha dado buenos resultados en sus cosechas.

5.- ¿Qué siembra en sus terrenos?



En su mayoría se siembra maíz y frijol. Pero como ellos mismos dicen por tener suelos tan delgados y pobres las plantas son de poca altura y dan poco rendimiento. Sin embargo, son cultivos tradicionales que poco o mucho es un apoyo para su economía y su alimentación, aunado a ello, algunos hacen mención de que siembran para mantener el ganado en tiempos de sequía (cuando se termina el forraje).

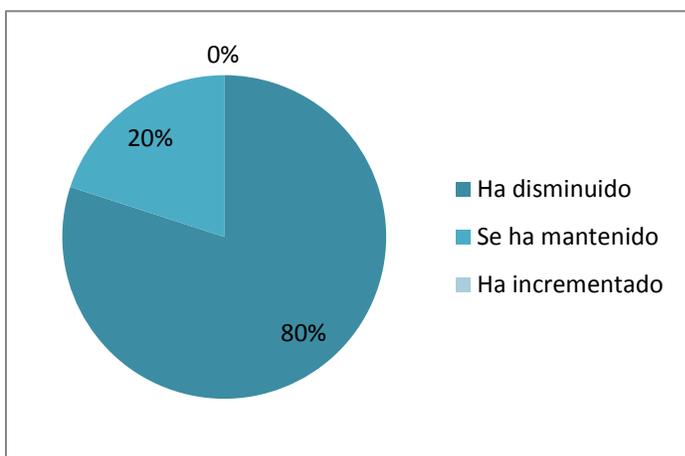
Varios entrevistados señalaron que hace dos años el gobierno municipal les vendió semilla mejorada, la cual fue de muy mal rendimiento, aunado a que las plantas demandaban mucha agua (que no tienen) y presentaron problemas a mediano plazo, por eso utilizan semilla de maíz de la región, la cual conocen y saben que está adaptada a las condiciones de la microcuenca: *“Sembramos maíz de la región porque el que da el gobierno aquí no es bueno, pues no hay agua ni tierra”*.

6.- ¿Combina sus cultivos con otros en una misma parcela o es un solo tipo de cultivo?

Todos los habitantes dijeron combinar sus cultivos de maíz a veces con frijol, avena (aprovechan y la dejan crecer junto con el pasto para alimentar el ganado), cebada, calabaza (siembran por surcos, uno de maíz y el otro de algún otro cultivo). Y otros opinan que si se combinan los cultivos aprovechan el espacio y tienen más variedad para alimentar a la familia. Además, sembrar variedad en la parcela es una tradición desde hace muchos años (experiencia de sus padres y abuelos). También, se siembra maguey como barrera para retener el suelo (solo en donde hay espacio).

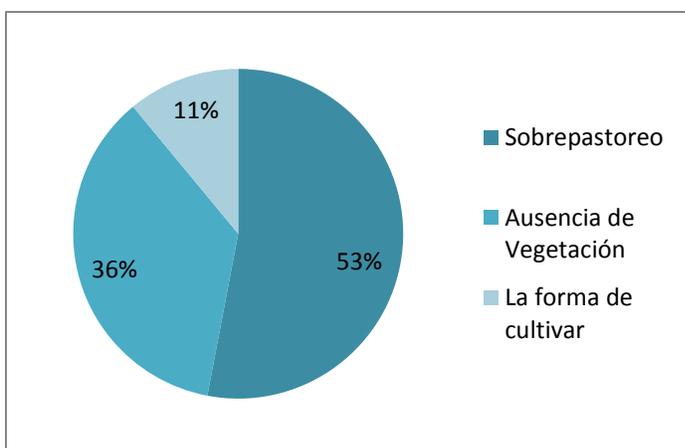
7.- ¿Cómo está la producción en las parcelas es decir, ha disminuido, ha incrementado o se mantiene?

El 80% de los entrevistados mencionan que ha disminuido la productividad de sus cosechas. Atribuyen a esto la fertilidad del suelo (*“la tierra ya no tiene fuerza...”*), a la escasez de agua o al efecto del agua sobre el suelo (*“las lluvias fuertes se llevan toda la tierra”*). Aunado a lo anterior, es de hacer notar que las parcelas de estos actores se ubican en geoformas con laderas de pendientes empinadas, en donde los terrenos son mucho más vulnerables a los procesos erosivos.



El 20% comentó que se ha mantenido el rendimiento de la cosecha, aunque consideran que es necesaria aplicación de fertilizantes para lograr mantener la fertilidad en el suelo. Es de señalar que las parcelas de estas personas, se encuentran en la cima de un lomerío, en donde las pendientes son ligeras (0 – 5°), lo que puede influir en su percepción en relación a la pérdida del suelo.

8.- ¿Qué opina del estado del suelo (pérdida de suelo)? ¿Cómo evalúa que tiene un problema? ¿A qué cree que se deba?



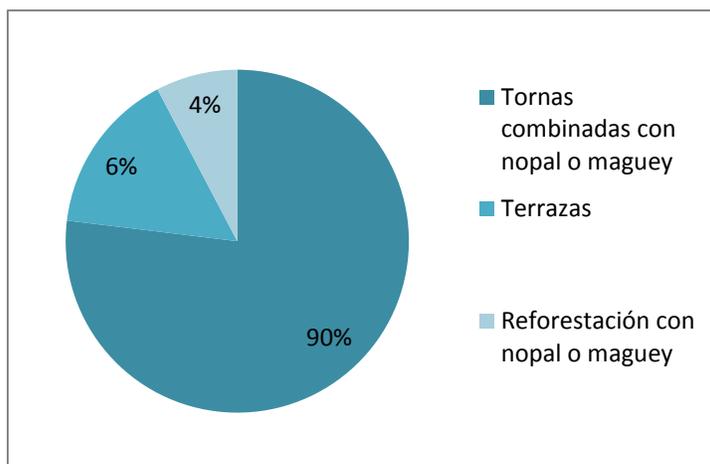
Todos los actores identificaron que los suelos de la microcuenca tienen problemas, siendo el principal la deforestación como el factor causal primario, con su derivado efecto sobre el agua: *“antes había más encino en los cerros y por eso el agua iba más despacio...”*, *“como no hay árboles cuando llueve recio, el agua se lleva toda la tierra”*. Aunado a ello, algunos autores

reconocen que las prácticas agrícolas desgastan el suelo, lo que también se relaciona con las condiciones del terreno en donde se ubican sus parcelas: *“la pérdida es mucha por el desnivel que hay”, “no dejamos descansar la tierra...”*

Por otro lado, también existe la consciencia de que el estado de los suelos está ligado al manejo del ganado; *“el ganado ya es mucho y por eso también se pierde el suelo”, “el ganado se come todo y no deja crecer la vegetación, pero si no tenemos ganado ¿cómo le hacemos?”, “todos tenemos animales y debemos preocuparnos y encerrarlos, pero hay que hacer acuerdos y respetarlos”; “...el ganado (es el problema), y lo sabemos, pero pues necesitamos comer”*.

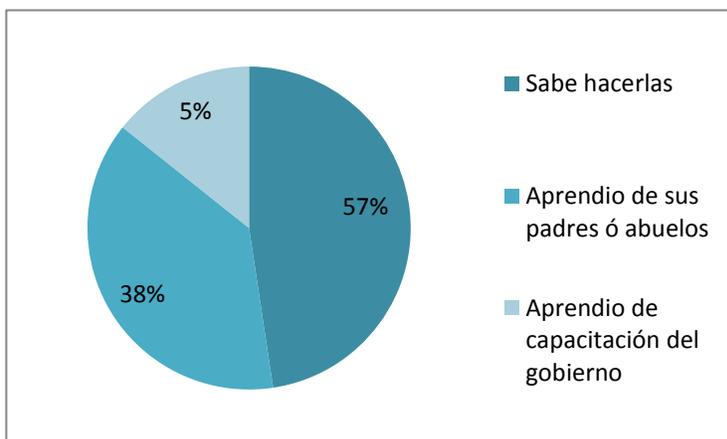
9.- ¿Ha realizado algún trabajo u obra que eviten que el suelo se pierda o se desgaste?

En las tres comunidades han tratado de retener el suelo para que dicho recurso cumpla con sus funciones produciendo más materia orgánica, capturando más nutrientes para fortalecer el desarrollo de la vegetación y esto lo hacen con piedras que es el material que más abunda en la microcuenca. Todos mencionaron que las obras que aprendieron a hacer de las personas



mayores son tornas: *“le pongo piedras, tornas, para que el agua no se lleve la tierra; a veces le pongo maguey y se retiene más, porque el nopal aquí no funciona”*; *“a veces plantamos maguey y nopal, y hacemos terrazas con la tierra de la misma parcela para retener la tierra que baja de más arriba”*. El 10% ha participado haciendo obras de conservación de suelos que han aprendido de los programas que han llegado a la zona.

10.- ¿Necesita que un técnico le diga cómo hacer las obras, qué alguien le revise al momento de estar trabajando o usted sabe cómo hacerlas? Si usted sabe ¿Dónde aprendió?

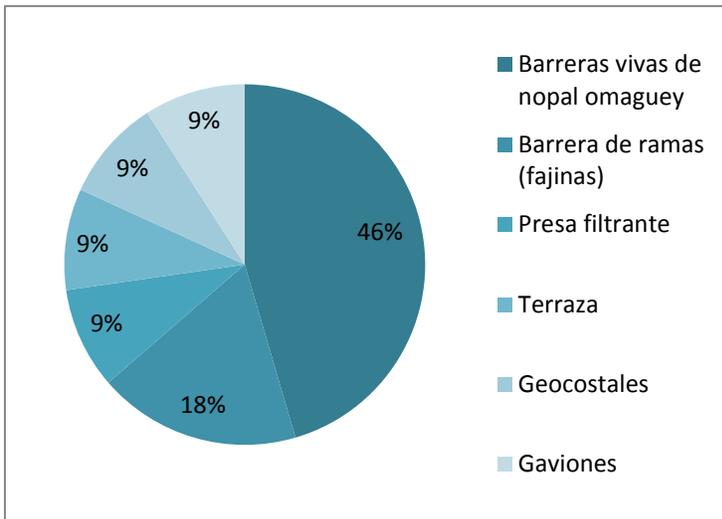


El 57% de las personas entrevistadas menciona que han aprendido a hacer obras (tornas) adquiriendo el conocimiento de sus padres o abuelos ya que ellos las han implementado siempre para retener el suelo y así evitar que se lo lleve la lluvia: *“mi abuelo le enseñó a mi papá y mi papá a nosotros, así mis hijos también van aprendiendo”*.

Mencionan que cuando trabajan en acomodar las piedras participa toda la familia para que también los hijos vayan aprendiendo de sus costumbres. Algunos mencionaron que han aprendido de la capacitación recibida por parte de los programas de apoyo que les ha brindado el gobierno y otras instituciones. Sobresale el comentario que a veces los técnicos que acuden no toman en cuenta que ellos tienen conocimiento previo, así como otras actividades que atender: *“a veces quieren algo nuevo los técnicos, aunque yo ya las he hecho siempre, pero cuando vienen de programas nos piden otras medidas o a veces los ingenieros son muy exigentes y púes, tenemos otras actividades”*.

11.- ¿Conoce otro tipo de trabajos para conservar suelos? ¿Cómo cuáles?

El 46% de los agricultores ha trabajado barreras vivas a lo que ellos llaman siembra de nopal y maguey en

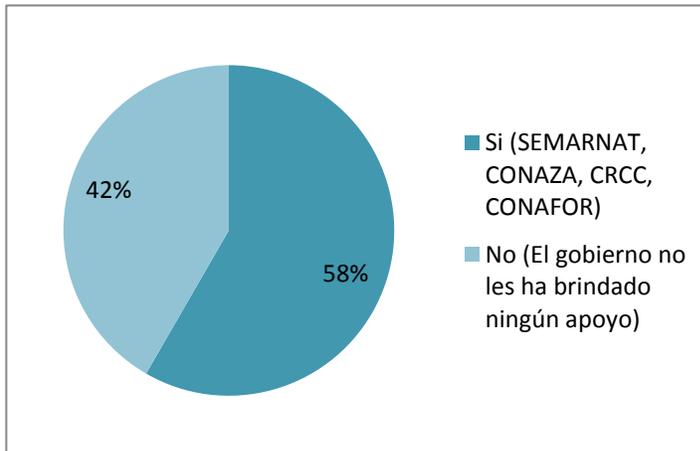


surco. Así mismo, el 18% ha trabajado fajinas, terrazas y han aprendido a hacer otro tipo de obras como geocostales y gaviones, mencionan que algunos no funcionan porque no tienen experiencia para la realización o el mantenimiento.

Los agricultores de la comunidad del Pinalillo, que ellos solo han trabajado tornas y terrazas quisieron reforestar con nopal tomando como ejemplo la

reforestación que impulsaron los agricultores de la comunidad La Joya para retener el suelo pero se secó así que, optaron por sembrar maguey (les da más resultado).

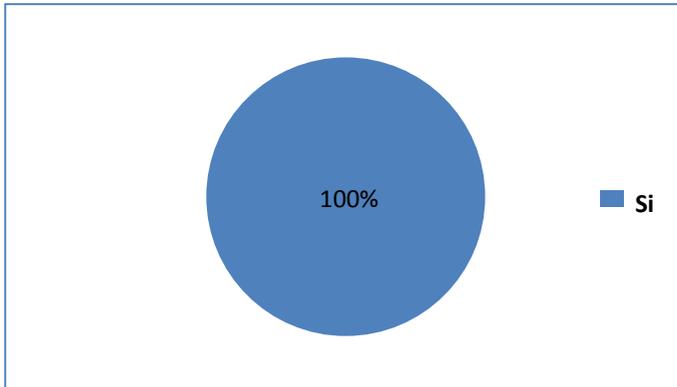
12.- ¿Ha recibido apoyos de algún programa para obras de conservación de suelos?



El 58% de los entrevistados ha participado en programas de conservación de suelos. Sin embargo, muchos desconocen la institución de gobierno son, y solo algunos reconocen el CRCC. Es de señalar que esté ultimo solo ha tenido presencia en las comunidades de La Joya y Charape-La Joya.

El 42% de las personas dijeron que no, manifiestan que no han participado en programas de conservación de suelos, por cuestiones de tiempo, otros porque son personas mayores y son trabajos que necesitan mucha mano de obra. Además, comentan que los proyectos que se impulsan por parte de las instituciones solo se llevan a cabo en La Joya y Charape-La Joya porque Pinalillo pertenece al estado de Guanajuato; “*nos tienen abandonados*”.

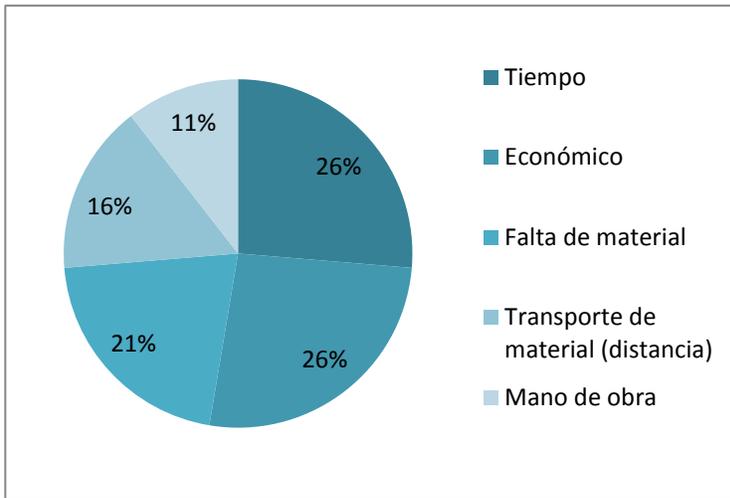
**13.- ¿La comunidad o ejido hace trabajos para conservar el suelo en las tierras comunales/ejidales?
¿Considera que le brinda algún beneficio?**



Todos los entrevistados mencionan que se organizan para participar en los trabajos que se requieren para retener el suelo y así estos puedan mejorar. Así mismo, han notado que trabajar todos juntos en las áreas comunes les ahorra tiempo, aprenden más técnicas que son útiles para todos y también les apoyan con incentivo económico (empleo temporal) ya que no hay otra alternativa de trabajo: *“además cuando se siembra nopal o se hacen tornas empieza a crecer nueva vegetación y los cerros se ven verdes y bonitos”*.

ya que no hay otra alternativa de trabajo: *“además cuando se siembra nopal o se hacen tornas empieza a crecer nueva vegetación y los cerros se ven verdes y bonitos”*.

14.- ¿Cuál o cuáles cree usted que sean los principales obstáculos para hacer los trabajos de conservación de suelos?

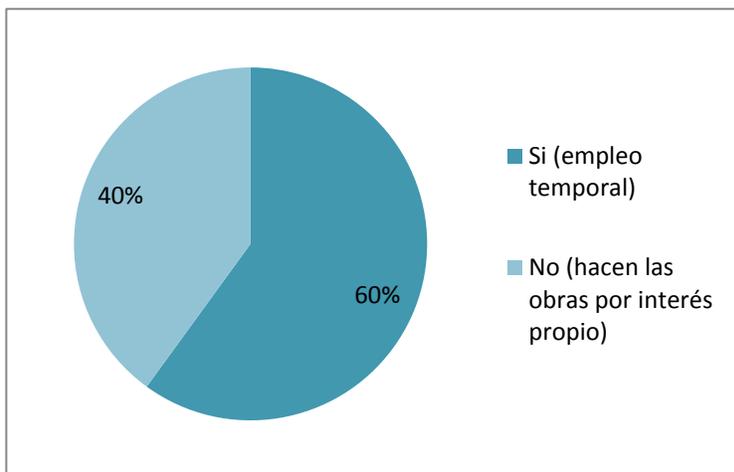


Las principales razones por la cual los entrevistados no aplican algunas de las obras de conservación de suelos, tiene que ver con aspectos de insumos económicos, materiales y de tiempo, así como el esfuerzo en términos físicos que demanda la implementación de algunas de estas. El 26% de los actores señala que el recurso económico es una limitante importante, pues aunque aprendan a

establecer algunas de las prácticas, no tienen el dinero para conseguir los materiales: *“el gobierno nos trae apoyo, por ejemplo las faenas, pero no alcanza para la familia y solo podemos trabajar en la zona que los ingenieros dicen”*. Así mismo, se señala que el tiempo es otro factor de importancia, pues la implementación de algunas obras requiere que se dediquen exclusivamente a eso, lo que afecta a otras actividades. Solamente cuando reciben pago por empleo temporal, retrasan sus quehaceres. El 21% mencionan que la disposición de materiales locales para llevar a cabo las obras, es otra limitante. En el caso de Pinalillo, prácticamente ya no hay rocas, y por ello tienen que trasladarla de otros sitios. En relación con esto, la carencia de medios de

transporte para llevar algunos materiales o hacer la compra de los mismos en sitios que se encuentran fuera de la microcuenca (ejemplo Querétaro).

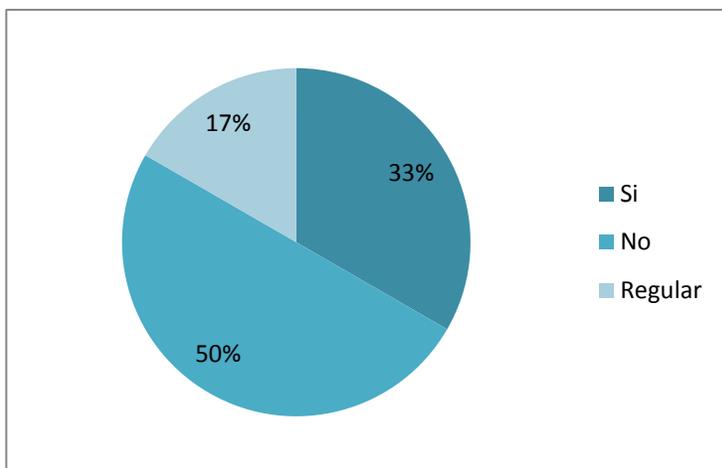
15.- ¿Recibe algún pago por hacer las obras de conservación de suelos, es por empleo temporal o usted las hace por interés propio?



El 60% de las personas ha recibido un incentivo económico por su participación en la implementación de las obras conservacionistas de suelos que es el empleo temporal donde les pagan \$58.00 por jornales. Sin embargo, el 40% de los entrevistados menciona que no reciben ningún pago, las hacen por interés propio. Les interesa retener la tierra por lo menos

en sus parcelas, porque ya las cosechas han disminuido mucho por las pérdidas intensas de suelo: *“aunque no haya apoyo... las hago por mi cuenta, así lo hacía mi familia desde que era niño”*.

16.- ¿Considera que es mucho trabajo (mano de obra) para la realización de las obras?

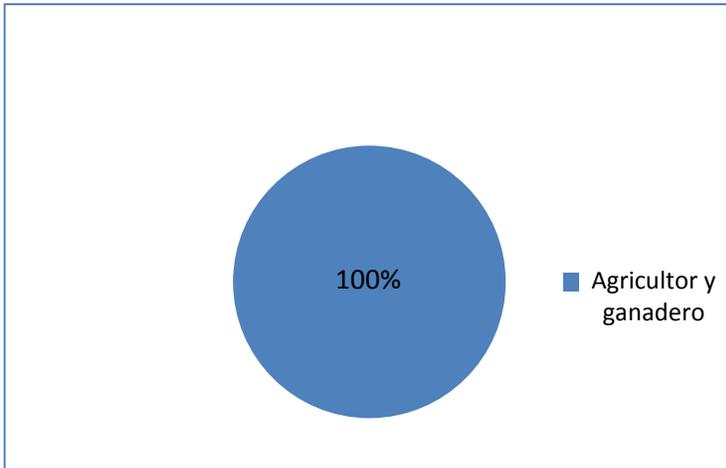


El 33% menciona que sí, debido al traslado del material y el tiempo que hay que invertir: *“los terrenos están lejos y para subir con el estiércol o el traslado de la piedra, es muy cansado”*. El 50% menciona que no se requiere mucha mano de obra porque no le dedican un día específico a las tornas, las cuales generalmente construyen en temporada de estiaje, en donde no hay

mucha actividad en las parcelas. Aunado a ello, manifiestan que el trabajo es colectivo: *“no es mucho trabajo, porque las tornas las hacemos en secas cuando no tenemos mucho que hacer aproximadamente de enero en adelante, o cuando vemos que se necesita solo acomodamos unas piedras para ayudar el terreno”*; *“trabajamos toda la familia”*. Finalmente algunos señalan que aunque en algunas partes se requiere mayor esfuerzo en mover el material, en general aplicar las obras que ellos usualmente practican no demanda mucho trabajo.

17. ¿Se considera agricultor o ganadero? ¿Por qué? ¿Qué tipo de ganado tiene?

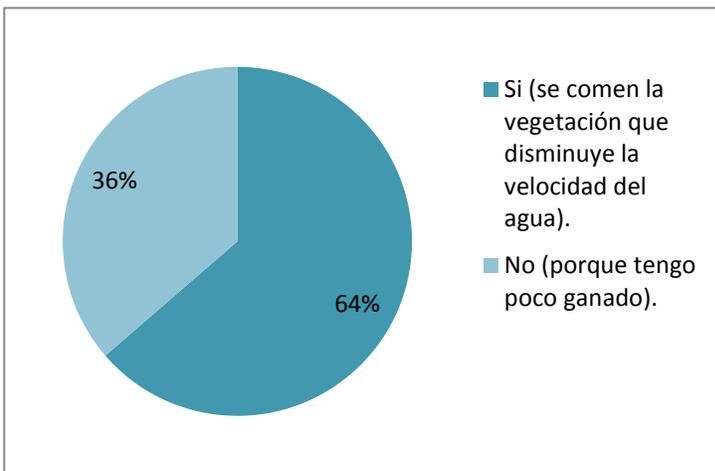
La totalidad de los entrevistados se considera campesino porque se dedican a la actividad agrícola, atendiendo



sus respectivas parcelas, ya que esta es principalmente su medio de subsistencia para alimentación propia, de sus familias y del ganado. Pero además, se consideran ganaderos porque todos tienen ganado, vacas, chivos, borregos, caballos, burros. Aunque ninguno especifica el número de animales. La ganadería es una alternativa económica importante en la

microcuenca para satisfacer las necesidades como alguna fiesta o disponer de ellos para alguna eventualidad de urgencia, se vende alguno para satisfacer las necesidades principales siendo también una fuente de ingreso económico. *“me considero agricultora y ganadera, porque en las lluvias trabajo la parcela pero en secas nos dedicamos al ganado”.*

18.- ¿Considera que el ganado afecta el suelo y, que además acelera los procesos de degradación o erosión del mismo? Y ¿Por qué?



El 64% de los entrevistados mencionan que el ganado si favorece los procesos de erosión del suelo porque se comen toda la vegetación presente, dejando el suelo desnudo, susceptible a ser arrastrado. En su mayoría reconoce que el ganado invade la zona y deshacen las pocas obras que se hacen en las áreas comunes o se comen la vegetación nueva que ha

crecido con la lluvia.

Doña Concepción de la comunidad de Charape- La Joya y don José Jesús de la comunidad de La Joya coinciden en sus respuestas y nos dicen: *“Si, el ganado afecta mucho y todos lo sabemos y lo reconocemos, se ve cuando traemos pasteando el ganado que de tanto que pasa y pasa el ganado van formando caminos y entre pisoteo y pisoteo no solo se aprieta la tierra, hay lugares en la microcuenca donde la tierra es más débil y*

al pisar, la tierra se afloja para ello, en el mes de mayo la tierra está completamente suelta, sin arbolitos, ni hierbitas que lo protejan así, llegan las primeras lluvias y se llevan toda la tierra hasta formar grandes peñascos” (cárcavas) o surcos de muchos metros. “Si nos damos cuenta del problema pero, ¿de que más vamos a vivir?”

19.- ¿Considera que conservar el suelo en la microcuenca sea importante? ¿Por qué?

El 100% de los entrevistados mencionan que no solo es importante retener el suelo, sino que es urgente para que los suelos que todavía hay (aunque son muy delgados) no se sigan perdiendo. Señalan que, han comprobado que donde siembran arbolitos la tierra se “atranca” y permanece más húmedo el sitio, así nacen otros hasta formar pequeños manchones y el suelo en esos sitios no es tan delgado *“piensan que ésta podría ser una solución”*.

Incrementa la preocupación cada vez más por la situación que se está viviendo pero, no lo ven imposible como bien lo dice la Sra. Francisca: *“yo digo que hacer obras que retengan el suelo y que eviten que el agua no baje tan rápido, es como cuidar nuestra propia salud”* y el señor Miguel de la comunidad El Pinalillo nos dice: *“es importante y muy urgente aquí en la microcuenca, porque nos estamos quedando sin comida, ni herencia para nuestros nietos”*. Su única limitante hasta el momento ha sido la cuestión económica y el apoyo de las diferentes instituciones, mencionan que si tuvieran un poco más de apoyo considerarían otro tipo de obras en las parcelas comunales o ejidales y no solo tornas además, no tendrían que seguir talando para sembrar lo mismo año con año y que actualmente ya no les da rendimiento por el espesor del suelo que no cubre ni las raíces del maíz. Consideran que se necesita hacer tornas altas para retener más suelo porque ya no hay nada y ver la manera de organizarse y dejar descansar las tierras ya que se han sembrado desde hace años. Nos dice doña Concepción *“mi parcelita la he sembrado desde que su abuelo de mi esposo no las heredo porque es la única que tenemos”*.

CAPÍTULO VI. PROPUESTA DE PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

VI.1 Método

Para elegir la mejor técnica conservacionista de suelos se debe contar con el mejor conocimiento del paisaje, es por eso que se trabajó con el método morfo-edafológico, para analizar de manera integrada la calidad de cada sitio. Con ello, a partir de los rasgos de erosión que se encontraron por geoforma, se propuso cada práctica de acuerdo al sistema morfo-genético. Tomando en cuenta las características específicas ambiental y socialmente descritas en las fichas esquemáticas.

VI.2 Criterios a considerar para elegir las prácticas de conservación de suelos por unidad morfo-edafológica.

1. Se deben considerar las condiciones ambientales necesarias: precipitación media anual, régimen climático, altitud (msnm), pendiente, profundidad del suelo, textura de suelo. Así como requerimientos sociales: organización social necesaria, intensidad de mano de obra, necesidad de conocimiento previo, grado de aceptación de la práctica por los agricultores, tecnologías de apoyo y uso de suelo.
2. Dar prioridad a las prácticas vegetativas por sus características funcionales como, incorporar materia orgánica al suelo para incrementar la infiltración en el mismo, detener la erosionabilidad, incrementar la actividad biológica, etc.
3. En caso necesario (no es obligatorio) las prácticas vegetativas se pueden combinar con prácticas mecánicas.
4. Todas las prácticas que se implementen en zonas de agostadero tienen que acompañarse de reducción de carga animal.
5. En los agostaderos se deben mejorar las especies palatables al mismo tiempo que la rotación de agostaderos, árboles nativos, de preferencia una asociación de especies vegetales que incluyen: gramíneas (pastos), leguminosas forrajeras, seudopastos (plantas semejantes a los pastos) y hierbas.
6. Todo lo que está en pendiente debe tener franjas vegetativas (puede ser maguey o nopal ya que la población está acostumbrada a hacerlo).
7. Se deben diferenciar las prácticas en función de la pendiente y del tipo de deterioro.
8. Se deben diferenciar las prácticas en función del porcentaje del suelo desnudo y de la profundidad del mismo.

9. Proponer prácticas que sean construidas a base de piedras en los terrenos más pedregosos.

10. En los sitios donde haya acumulación de materia orgánica (aunque ésta sea ligera), no se deben proponer prácticas que remuevan el suelo.

VI.3 Propuesta de prácticas de conservación de suelos

Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Me1, Ma1, Ma2, Ma3

Sistema morfo-genético	Geoformas	Clave	Grado de deterioro	Práctica propuesta
MONTAÑA Ígnea- extrusiva (Lava básica, toba o ceniza y lava ácida)	Laderas en pendiente empinada 20 - 30°	Me1	+	<ul style="list-style-type: none"> → Franjas vegetativas → Cerca biológica como protección → Zanjas a nivel → Terrazas individuales → Tornas en media luna
	Ladera en pendiente abrupta >30°	Ma1	+	<ul style="list-style-type: none"> → Franjas vegetativas → Tornas de media luna → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos).
		Ma2	++	<ul style="list-style-type: none"> → Franjas vegetativas → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos). → Terrazas individuales → Barreras de piedra en curvas a nivel → Cerca biológica como restricción animal
		Ma3	+	<ul style="list-style-type: none"> → Franjas vegetativas → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos). → Barreras de piedra en curvas a nivel → Cerca biológica como restricción animal

Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Mi1, Mi2, Mi3, Mi4

Sistema morfo-genético		Geoformas	Clave	Grado de deterioro	Práctica propuesta
MONTAÑA	Ígnea-extrusiva (Lava básica, toba o ceniza y lava ácida)	Laderas en pendiente intermedia 20°	Mi1	++	<ul style="list-style-type: none"> → Franjas vegetativas → Fajinas de ladera → Presa filtrante de geocostales → Cabeceo de cárcavas → Terrazas de formación sucesiva
			Mi2	+++	<ul style="list-style-type: none"> → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos). → Tornas de media luna → Fajinas de ladera → Cerca biológica como restricción animal → Subsoleo o cincelo → Diques de piedra
		Laderas en pendiente intermedia 18°	Mi3	+	<ul style="list-style-type: none"> → Cultivo en fajas de contención → Abonos verdes → Terrazas de formación sucesiva → Cultivos de cobertera → Asociaciones de cultivo → Franjas vegetativas
		Laderas en pendiente intermedia 20°	Mi4	++	<ul style="list-style-type: none"> → Fajinas de ladera → Tornas de media luna → Subsoleo o cincelo → Terrazas individuales → Labranza de conservación → Franjas vegetativas

Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: Ms1, Ms2, Ms3, Ms4, Ms5

Sistema morfo-genético	Geoformas	Clave	Grado de deterioro	Práctica propuesta
MONTAÑA Ígnea- extrusiva (Lava básica, toba o ceniza y lava ácida)	Ladera en pendiente suave 6°	Ms1	++	<ul style="list-style-type: none"> → Barreras de piedra en curvas a nivel → Tornas de media luna → Diques de piedra → Presa de gaviones → Terrazas individuales → Empastado de taludes cárcavas
	Ladera en pendiente suave 12°	Ms2	+	<ul style="list-style-type: none"> → Tornas de media luna → Subsoleo o cincheleo → Sistemas agroforestales → Cultivos de cobertera → Cerca biológica como restricción animal
	Ladera en pendiente suave 10°	Ms3	+++	<ul style="list-style-type: none"> → Cercas biológica como restricción animal → Barreras de piedra en curvas a nivel → Labranza de conservación → Diques de piedra → Terrazas individuales → Empastado de taludes de cárcavas
	Ladera en pendiente suave 6°	Ms4	++	<ul style="list-style-type: none"> → Cerco perimetral en potreros → Rotación de potreros y mejorar las especies palatables para el ganado así como, repastización acompañada de reducción de carga animal. → Bordos con márgenes vivos
	Ladera en pendiente suave 8°	Ms5	+++	<ul style="list-style-type: none"> → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos). → Cercas biológica como restricción animal → Barreras de piedra en curvas a nivel → Tornas en media luna → Zanjas a nivel

Cuadro 6. Prácticas propuestas para los sistemas morfo-genéticos: CI1, CI2, CI3

Sistema morfo-genético		Geoformas	Clave	Grado de deterioro	Práctica propuesta
LOMERÍO	Ígnea- extrusiva (Lava básica)	Cima de lomerío con pendiente de 4°	CI1	+	<ul style="list-style-type: none"> → Surcado al contorno → Abonos verdes → Rotación de cultivos → Asociaciones de cultivos → Compostaje → Lombricomposta
		Cima de lomerío con pendiente de 2°	CI2	+++	<ul style="list-style-type: none"> → Cercas biológica como restricción animal → Diques de piedra → Tornas en media luna → Presas filtrantes de geocostales → Presa de morillos → Empastado de taludes de cárcavas
		Cima de lomerío con pendiente de 7°	CI3	+++	<ul style="list-style-type: none"> → Reforestación con especies nativas (herbáceas y arbustos). → Barreras de piedra en curvas a nivel → Abonos verdes → Rotación de cultivos → Labranza de conservación → Compostaje

CAPÍTULO VII: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La conservación de suelos debe buscar la conservación de las funciones de los suelos, y con ello conservar su calidad. Las prácticas que se propongan tienen que adaptarse a las condiciones ambientales y sociales. Las condiciones geológicas y de relieve de la microcuenca estudiada conlleva a una diferenciación de suelos. Por ello se requiere un método que permita la diferenciación de los suelos.

La importancia de la regionalización morfo-edafológica permitió acceder al conocimiento del medio físico, tanto en su descripción como en su dinámica. Dando así, la pauta de evaluar el suelo para la planeación de su uso (Geissert 1987). Este enfoque se basa en la premisa de que la formación y el desarrollo de suelos se encuentran estrechamente ligados al conjunto de fenómenos que modifican el relieve, dado que los factores formadores que en ellos influyen son los mismos. Así, la pedogénesis (formación de suelos) se considera a la vez como componente y como resultante de la morfogénesis: como componente porque se inicia con la descomposición de la roca y condiciona la preparación del material que posteriormente será sometido a los procesos de ablación; como resultante porque se desarrolla en un medio creado por la morfogénesis. En este sentido, la geomorfología facilita la segmentación del paisaje en unidades discretas donde puede explicarse la formación, el desarrollo y la vulnerabilidad de los suelos (Cotler, 2003). La dinámica en estas unidades se identificó a través de los rasgos de erosión, los cuales son consecuencia de los sistemas de producción establecidos.

Los resultados de deterioro que se observan de la evaluación de los perfiles de suelos y de los rasgos de erosión compartidos con la población entrevistada. Quienes adjudican el deterioro ambiental a la deforestación, con su derivado efecto sobre el agua: *“antes había más encino en los cerros y por eso el agua iba más despacio...”*, *“como no hay árboles cuando llueve recio, el agua se lleva toda la tierra”*. Aunado a ello, algunos agricultores reconocen que las prácticas agrícolas desgastan el suelo, lo que también se relaciona con las condiciones del terreno en donde se ubican sus parcelas. Por otro lado, también existe la consciencia de que el estado de los suelos está ligado al manejo del ganado; *“el ganado ya es mucho y por eso también se pierde el suelo”*, *“el ganado se come todo y no deja crecer la vegetación”*. Esta percepción constituye el primer paso hacia el establecimiento de prácticas de conservación de suelos. El reconocimiento por parte de los agricultores que la erosión del suelo es un problema es el precursor necesario para la intervención (De Graaff *et al.*, 2008 en Cotler *et al.*, 2013). Sin embargo, cuando los proyectos tienen incentivos, las acciones pueden implementarse sin dicho reconocimiento y los agricultores pueden perder el interés y abandonar las prácticas de conservación que se hayan concluido con los incentivos (De Graff, 1999 en Cotler *et al.*, 2013). Aunque el 60 % de los encuestados han realizado prácticas de conservación con el objetivo de conservar sus suelos y mantener la productividad en sus terrenos y además, por la falta de empleo que requiere del incentivo económico, el 40 % de los encuestados no está satisfecho con estas prácticas, debido a la poca influencia que tienen sobre el éxito

principalmente de la reforestación aunque el 90 % de los encuestados han llevado a cabo reforestaciones, generalmente lo hacen en sus parcelas (plantan árboles para tener sombra y descansar un poco durante las actividades) debido en gran parte al libre e intenso pastoreo *“lo poco que podemos sembrar, cuando intentan crecer un poquito pasan las cabras o las vacas y se comen todo”*.

Todas estas observaciones destacan los incentivos, no necesariamente financieros, que están ausentes en la actualidad de los programas de conservación del suelo. Aun así, el mayor impedimento para las medidas de conservación, en un país donde el 60 % de las comunidades rurales tienen un alto a muy alto nivel de pobreza (Vélez *et al.*, 2007 m Cotler *et al.*, 2013).

Otro de los obstáculos para la conservación de suelos en la microcuenca es la falta de conocimiento acerca de las prácticas propuestas, que se seleccionan a partir de un manual sin una identificación clara del problema y sin tener en cuenta la heterogeneidad social y ambiental y mucho menos de las prácticas tradicionales.

En general la percepción, aceptación y replicación por los habitantes es conscientemente pobre *“solo hemos trabajado donde nos dicen los técnicos y no hacemos las obras en otros lados porque no tenemos dinero, no hay tiempo o están lejos las parcelas”*. A pesar de que existe una conciencia del deterioro ambiental, sólo se promueve la participación de los estímulos económicos, sin tener en cuenta que *“hay intereses financieros que pueden jugar un papel”* Sheeder and Lynne, 2011 en Cotler *et al*, 2013). Los residentes aceptan y llevan a cabo las prácticas, a cambio de un estímulo económico, pero la baja adopción y replicación de estas prácticas pueden atribuirse principalmente a la capacitación escasa, el aumento de la migración que agrava la escasez de la fuerza laboral (intensidad de mano de obra) y debilita la organización social, así como, la ausencia de una gama más amplia de estímulos.

Las condiciones semi-áridas imponen un reto adicional en la conservación de suelos dado la escasa y variable precipitación que limita el crecimiento de la vegetación. La cantidad y disponibilidad estacional del agua son primordiales para la supervivencia a largo plazo y para la distribución de las plantas. Por ende, en estas zonas es frecuente la presencia de suelos con perfiles incipientes o poco desarrollados. De forma general, la productividad de estos suelos depende fuertemente de su capacidad de retención de agua, que tiende a aumentar con la profundidad y el contenido en materia orgánica. La materia orgánica y la estabilidad de los pedos del suelo disminuyen generalmente con la aridez (Yair, 1990 en Fernández Gálvez, 2003).

Como se ha dicho anteriormente, la escasa vegetación en estas zonas áridas y semiáridas hace que el suelo sea más vulnerable a los impactos por gotas de lluvia, lo que propicia a su vez el arrastre de partículas en el espacio poroso del suelo, convirtiéndolo así en más denso, con una mayor dureza y una menor capacidad de

absorción. Durante eventos de precipitación de alta densidad las gotas de lluvia dispersan la matriz del suelo y forman una superficie estable de menor permeabilidad, encontrando en la zona hasta 20 mm de dicho efecto de encostramiento en sitios de texturas finas (arcilla) como Mi2, Mi4, Ms2, Cl2; el sellado de la superficie del suelo, además de favorecer la escorrentía superficial del suelo, incrementa la pérdida de material fino y de nutrientes. Una vez erosionado, el suelo queda menos útil para soportar vegetación y es más susceptible a futuras alteraciones por el agua y el viento (Fernández Gálvez, 2003).

Por las características descritas anteriormente y por ser una zona inserta en una región semi-árida de precipitaciones bajas y variables, la evaluación edafo-ecológica de estos suelos confirma que no tienen potencial para promover la recarga de los acuíferos. A su vez, sólo una pequeña parte del agua subterránea entra a formar parte en el ciclo hidrológico y en algunos casos producen recargas locales; algunos acuíferos constituyen sistemas cerrados sin recarga una vez que son drenados.

Es, precisamente, en este tipo de ambientes donde existe una mayor proporción de plantas que presentan mecanismos de optimización del uso del agua. De esta manera, las plantas maximizan la eficacia en el uso del agua. Además, la vegetación en estas zonas es oportunista, aumentando su crecimiento en los periodos en los que hay mayor disponibilidad de agua y disminuyendo su actividad durante las fases más secas. Por ello, es necesario hacer hincapié en prácticas que incorporen materia orgánica combinada con prácticas diferenciadas en función de las características morfo-edafológicas y a la intensidad de erosión. Aunado a ello, se sabe que 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 (Loredo *et al.*, 2000).

Hoy en día, la erosión de suelos en México se ha considerado importante, en cuanto a su extensión, su intensidad y el costo que conlleva su recuperación. Dichas condiciones, a su vez, incrementan los costos de producción y empobrecen a la población rural, hasta el punto de provocar su migración.

Es por ello que la necesidad por conservar el suelo, dio paso a buscar tipos de prácticas de conservación adecuadas a las condiciones ambientales y sociales y así involucrar de manera factible a los agricultores. De ahí, surge la necesidad de conservar el uso a nivel de unidades pequeñas (microcuenca) dando buenos resultados para la tierra, ya que se trata de planificar la unidad de acuerdo con sus necesidades y sus propias adaptaciones. Esto significa que las técnicas deben limitarse dentro de lo social, ambiental y económicamente posible en la cuenca. 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. En las condiciones actuales, cuando el deterioro de los recursos naturales es acelerado y se busca el manejo integrado de los recursos para alcanzar índices de sostenibilidad aceptables, el concepto de

microcuenca como unidad de manejo, puede ser estratégico, si además de las condiciones físico-biológicas, se consideran las condiciones sociales y económicas de sus habitantes.(INIFAP, 2005).

Retomando así, el conocimiento local de los agricultores e insertando las prácticas de conservación de suelos en un enfoque de cuencas. En el ámbito de las acciones, éstas se clasifican diferenciando las acciones agronómicas de las mecánicas (El – Swaify *et al.*, 1982; Charman, 1996; de Freitas, 2000 en Cotler, 2011). Para ello, también existe un amplio consenso que la conservación del suelo debe sustentarse principalmente en el uso de prácticas agronómicas (barreras vivas, rotación de cultivos, asociación de cultivos, cultivo de coberteras, abonos verdes. etc.) para establecer un manejo de tierras sustentable, mientras que las prácticas mecánicas juegan un rol suplementario, no siempre necesario (Bocco, 1991; Morgan, 1979; Charman, 1996; Friedrich, 2000 en Cotler, 2011). El querer resolver los problemas de erosión de suelos mediante prácticas esencialmente mecánicas puede conllevar a una erosión regresiva (de Freitas, 2000).

Por lo anterior, en esta investigación se presentan las principales prácticas agronómicas, vegetativas y mecánicas, para el manejo y conservación del suelo y agua, tales como captación del agua de lluvia, agricultura de conservación, manejo de coberteras vegetales, cortinas rompevientos, terrazas de formación sucesiva, tinas ciegas, entre otras, con énfasis a tecnologías que hayan sido probadas con éxito en zonas áridas y semiáridas.

ANEXOS

A.2 HOJA DE EVALUACIÓN DE CAMPO DE LA DEGRADACIÓN DE SUELOS

Rasgos de degradación de campo

Suelo desnudo

% área sin vegetación

% pedregosidad en superficie

Erosión difusa

% área

Surcos

(registrar unos 10 y poner promedio)

Ancho

Profundidad

Pedestales

(registrar unos 10 y poner promedio)

Altura promedio

Cárcavas

Anchura del borde

Ancho de la base

Profundidad

Compactación del suelo

Encostramiento del suelo

Profundidad del suelo

Salinización

% área

A.3 DATOS DE RASGOS DE DEGRADACIÓN POR SISTEMA MORFO-GENÉTICO

Clave: Me1

UBICACIÓN.- Parcela forestada con nopales (hay algunas obras de conservación).

HISTORIAL.- Antigua zona de pastoreo que ha sido cercada aproximadamente hace 1 año, en este año se han hecho zanjas de infiltración y reforestación con encino, en la superficie hay rocas aflorantes (se encuentra un suelo superficial). La tenencia de la tierra es ejidal.

VEGETACIÓN.- Nopales reforestados, Vegetación herbácea, relictos de encino (en la parte alta de la ladera), *Ipomoea* (casahuate), rosetas (guapillo), helechos (cheilantes "nombre local").

Suelo desnudo.-	Altura promedio: 18, 5, 22, 15, 15, 15, 15, 15, 20, 10
2 % área sin vegetación	
No se observa % pedregosidad en superficie	Terracetas "registrar 10" No se observan Altura promedio: ---
Erosión difusa.-	Cárcavas.- No se observa
70 % área	Anchura del borde: ---
Surcos.- (registrar 10) No se observan	Ancho de la base: ---
Ancho: ---	Profundidad: ---
Profundidad: ---	Encostramiento del suelo.- No se observa
Pedestales.- (mm) "registrar 10"	Profundidad del suelo: ---

UBICACIÓN.- Porción N-W de la Microcuenca camino a la comunidad El Pinalillo.

HISTORIAL.- Es una zona forestal muy perturbada por la presencia de ganado, en las partes más bajas de la unidad se ha abierto áreas para implementar agricultura. Se aprecia un proceso de caída de rocas en boques grandes que se han desprendido de la parte más alta. La tenencia de la tierra es ejidal.

VEGETACIÓN.- Bosque de encino muy perturbado, presencia de vegetación secundaria como consecuencia de la perturbación a la vegetación primaria como: cactáceas, helechos pequeños y musgo sobre la roca (indican humedad).

Suelo desnudo.-

2 % área sin vegetación

80 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.- No se observa

--- % área

Surcos.- (registrar 10) No se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Pedestales.- (mm) "registrar 10" No se observan

Altura promedio: ---

Terracetas "registrar 10" No se observan

Altura promedio: ---

Cárcavas.- No se observa

Anchura del borde: ---

Ancho de la base: ---

Profundidad: ---

Encostramiento del suelo.-

Profundidad del suelo: ---

UBICACIÓN.- Cerro el Nopalito

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo, rocas en bloques grandes y abundantes en la superficie (el suelo es muy delgado). La tenencia de la tierra es de uso común.

VEGETACIÓN.- Vegetación mixta de encino muy perturbado y matorral como: huizaches, palo dulce, herbáceas como: pastos, pequeños helechos, cactáceas, muérdago muy abundante y musgo sobre la roca aflorante.

Suelo desnudo.-

40 % área sin vegetación

90 % pedregosidad en superficie

Terracetas "registrar 10"

Altura promedio (mm): 77, 10, 40, 20, 22,
30, 37, 28, 23, 30

Erosión difusa.-

30 % área

Surcos.- (registrar 10) no se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Cárcavas.-

Anchura del borde: ---

Ancho de la base: ---

Profundidad: ---

Encostramiento del suelo.-

Profundidad del suelo: ---

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio: 130, 130, 80, 50, 40, 60,
20, 20, 20, 30

UBICACIÓN.- Cerro el pebetero

HISTORIAL.- Parcelas agrícolas, que han sido abandonadas. Su uso actual es pastoreo. En la superficie hay roca aflorante en bloques grandes (en abundancia).

VEGETACIÓN.- La vegetación es Bosque de Encino muy perturbado (relictos), con presencia de vegetación secundaria como: granjeno en abundancia, pequeños helechos, maguey, musgo sobre la roca.

Suelo desnudo.-

35 % área sin vegetación

60 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.-

60 % área

Surcos (registrar 10).- No se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Pedestales (mm).- "registrar 10"

Altura promedio: No se observan

Terracetos "registrar 10"

Altura promedio: No se observan

Cárcavas.- No se observan

Anchura del borde: ---

Ancho de la base: ---

Profundidad: ---

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo: ---

UBICACIÓN.- Junto al camino que va hacia a La Joya entrando por la Barreta (a la derecha).

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo, el camino que va hacia la comunidad La Joya ha afectado mucho el área, pues el agua a escarbado los bordes del mismo haciendo surcos profundos. La tenencia de la tierra es de parcelas con titulares asignados.

VEGETACIÓN.- La vegetación dominante en la unidad son herbáceas y algunos arbustos dispersos.

Suelo desnudo.-

20 % área sin vegetación

10 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.-

25 % área

Surcos (registrar 10).- No se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Pedestales (mm) "registrar 10"

Altura promedio: 70, 60, 20, 20, 25, 20,
25, 30, 30,90

Terracetos (cm) "registrar 10"

Altura promedio:

Cárcavas.-

Anchura del borde (m): 9, 10, 7, 10

Ancho de la base (m): 3, 4, 4, 5

Profundidad (m): 2.2, 1.8, 1.1, 3.5

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo: ---

UBICACIÓN.- Camino a la comunidad El Pinalillo (a unos metros arriba del arroyo grande)

HISTORIAL.- Es una zona con mucho material parental aflorante en un 70% de la unidad. El uso que se le da es de pastoreo (presencia de excretas de ganado bovino, equino y caprino). La tenencia de la tierra es ejidal.

VEGETACIÓN.- Herbácea (algunas cactáceas y pastos).

Suelo desnudo.-

% área sin vegetación	Terracetas "registrar 10"
70 % pedregosidad en superficie	Altura promedio (mm): 50, 25, 30, 25, 50, 60, 60, 80, 40, 40
Erosión difusa.-	Cárcavas.- No se observan
40 % área	Anchura del borde (m): 3
Surcos (registrar 10).- No se observan	Ancho de la base (m): 0.80
Ancho: ---	Profundidad (m): 0.50
Profundidad: ---	Encostramiento del suelo.-
Pedestales "registrar 10"	Profundidad del suelo (mm): 20 (formado entresuelo compactado y materia orgánica).
Altura promedio (mm): 460, 40, 20, 30, 20, 20, 40, 20, 40, 60	

UBICACIÓN.- Se ubica en la porción N-W de la microcuenca junto al parte aguas, camino hacia la presita San Antonio.

HISTORIAL.- Es una zona forestal, hay bloques de rocas grandes en la superficie, que se han desprendido de la parte alta de la cuenca. La tenencia de la tierra es uso comunal.

VEGETACIÓN.- Matorral de mimosas (huizaches), cactáceas, herbáceas abundantes en el subdosel del matorral.

Suelo desnudo.- No se observa

--- % área sin vegetación

--- % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.- No se observa

--- % área

Surcos (registrar 10).- No se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): No se observan

Terracetas (cm).- "registrar 10"

Altura promedio: No se observan

Cárcavas.- No se observan

Anchura del borde (m): ---

Ancho de la base (m): ---

Profundidad (m): ---

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo (mm):---

UBICACIÓN.- Junto al cerrito Pico del venado

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo (presencia de equinos y caprinos). Las tierras han sido abandonadas por falta de productividad. La tenencia de la tierra es ejidal.

VEGETACIÓN.- Es un matorral con presencia de cactáceas, *Ipomoea murucoides*, zorrillo en abundancia, raíces de coyoles (las personas de la comunidad las consumen), maguey, pastos, etc.

Suelo desnudo.-

30 % área sin vegetación

20 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.- 20 % área

Surcos (registrar 10).- No se observan

Ancho: ---

Profundidad: ---

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 20, 20, 25, 50, 30,
30, 30, 50, 20, 30

Terracetas "registrar 10"

Altura promedio (mm): 160, 90, 100, 230,
300, 320, 700, 140, 340, 630

Cárcavas.- No se observan

Anchura del borde (m): ---

Ancho de la base (m): ---

Profundidad (m): ---

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo (mm):---

Clave: Ms1

UBICACIÓN.- Camino a la comunidad de Charape La Joya (la parte más baja de la loma del cajón).

HISTORIAL.- Es una unidad de uso común en el ejido (pastoreo), pedregosidad abundante en la superficie que ha rodado de la parte alta. Presencia de borregos (abundante)

VEGETACIÓN.- Herbáceas, pastos, asteráceas, algunos arbustos (huizaches).

Suelo desnudo.-

Terracetas "registrar 10"

10 % área sin vegetación

Altura promedio: No se observan

40 % pedregosidad en superficie

Cárcavas.-

Erosión difusa.-

Anchura del borde (m): 2.5, 12, 20, 18,
21

10 % área

Ancho de la base (m): 1, 4, 8, 6, 9

Surcos (registrar 10).- No se observan

Profundidad (m): 0.7, 2.5, 4, 2, 3.5

Ancho: ---

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad: ---

Profundidad del suelo: ---

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 10, 20, 20, 10, 10,
20, 40, 20, 20, 20

UBICACIÓN.- Cerca de la localidad El pinalillo (hasta dónde termina la terracería).

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo. En la superficie hay bloques grandes de roca (rodados de la parte alta). La tenencia de la tierra es ejidal.

VEGETACIÓN.- hierbas (pastos y asteráceas) y algunas plantas arbóreas dispersas (casahuate).

Suelo desnudo.-	Altura promedio (mm): No se observan
10 % área sin vegetación	Terracetas "registrar 10"
15 % pedregosidad en superficie	Altura promedio: No se observan
Erosión difusa.-	Cárcavas.- No se observan
25 % área	Anchura del borde (m): ---
Surcos (registrar 10).- No se observan	Ancho de la base (m): ---
Ancho: ---	Profundidad (m): ---
Profundidad: ---	Encostramiento del suelo.- No se observa
Pedestales "registrar 10"	Profundidad del suelo (mm): 15

UBICACIÓN.- Saliendo de la comunidad La Joya, En la loma de cultivo (arriba del riachuelo).

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo y agrícola en temporada de lluvia. La tenencia de la tierra son parcelas con titulares asignados.

VEGETACIÓN.- Matorral espinoso, algunas cactáceas, helechos (doradilla) y pastos.

Suelo desnudo.-

Terracetas "registrar 10"

20 % área sin vegetación

Altura promedio (mm):200,180, 200, 150,
430, 240, 410, 220, 320, 330

40 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.-

Cárcavas.- No se observan

40 % área

Anchura del borde (m): ---

Surcos (registrar 10).-

Ancho de la base (m): ---

Ancho: 70, 50, 58, 40, 36, 43, 40, 37, 52,
65

Profundidad (m): ---

Profundidad: 30, 13, 12, 26, 14, 13, 20,
15, 28, 33

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo (mm): ---

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 0.042, 0.77, 0.03,
0.021, 0.55, 0.03, 0.46, 0.031, 0.039,
0.046

UBICACIÓN.- Camino a la Presita San Antonio

HISTORIAL.- Es una zona de pastoreo, la vegetación presente es matorral espinoso (muy perturbado).
Presencia de estiércol de ganado bovino, equino y caprino.

VEGETACIÓN.- Matorral muy impactado, con vegetación secundaria, presencias de granjenos (abundante),
palo dulce, acebuche, tepeguaje, zorrillo, herbáceas y cactáceas.

Suelo desnudo.-

50 % área sin vegetación

15 % pedregosidad en superficie

Terracetas "registrar 10"

Erosión difusa.-

Altura promedio (mm): 160, 100, 90, 100,
110, 60, 90, 110, 90, 280 (20 % del área).

75 % área

Cárcavas.- No se observan

Surcos (registrar 10).- No se observan

Anchura del borde (m): ---

Ancho: ---

Ancho de la base (m): ---

Profundidad: ---

Profundidad (m): ---

Pedestales "registrar 10"

Encostramiento del suelo.- No se observa

Altura promedio (mm): 60, 90, 50, 40, 50,
20, 220, 130, 700,320

Profundidad del suelo (mm): ---

UBICACIÓN.- Camino hacia el cerrito El pico del venado (la parte más baja).

HISTORIAL.- Es una zona agrícola en temporada de lluvias y de pastoreo en temporada de sequía. Un 80% de material parental aflorando en la superficie de toda la unidad (bloques no muy grandes). La tenencia de la tierra son parcelas con titulares asignados.

VEGETACIÓN.- Es una zona con muy poca vegetación 15%, algunos huizaches, cactáceas, herbáceas en su mayoría.

Suelo desnudo.-

90 % área sin vegetación

70 % pedregosidad en superficie

Erosión difusa.-

70 % área

Surcos (registrar 10).-

Ancho (mm): 220, 780, 150, 340, 200,
700, 700, 770

Profundidad (mm): 90, 130, 80, 700, 50,
120, 70, 150

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 100, 300, 400,
500, 300, 300, 400, 100, 200, 100

Terracetos "registrar 10"

Altura promedio (mm): 90, 100, 60, 70,
70, 180, 110, 70, 80, 130

Cárcavas.- No se observan

Anchura del borde (m): ---

Ancho de la base (m): ---

Profundidad (m): ---

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo (mm): ---

UBICACIÓN.- Junto al área cercada arriba del camino hacia El Charape (cima).

HISTORIAL.- En toda la unidad hay presencia de excreta de ganado vacuno, por lo que el uso de la tierra es de pastoreo. La tenencia de la tierra es "tierras de uso común".

VEGETACIÓN.- son herbáceas, cactáceas, arbustos dispersos (huizaches).

Suelo desnudo.-	Altura promedio (mm): No se observan
10 % área sin vegetación	Terracetas "registrar 10"
<1 % pedregosidad en superficie	Altura promedio (mm): 25, 20, 30, 15, 20, 30, 20, 35, 60, 25
Erosión difusa.-	Cárcavas.- No se observan
10 % área	Anchura del borde (m): ---
Surcos (registrar 10).- No se observan	Ancho de la base (m): ---
Ancho (mm): ---	Profundidad (m): ---
Profundidad (mm): ---	Encostramiento del suelo.-
Pedestales "registrar 10"	Profundidad del suelo (mm): 25

UBICACIÓN.- Zona de ladera abajo del camino hacia Charape, a la altura del área cercada.

HISTORIAL.- Son tierras de uso común en el ejido, presencia de ganado caprino.

VEGETACIÓN.- Matorral espinoso muy disperso, algunas cactáceas y pastos (dominantes).

Suelo desnudo.-

Terracetas "registrar 10"

25 % área sin vegetación

Altura promedio (mm): 140, 100, 90, 150,
130, 120, 110, 99, 100, 180

% pedregosidad en superficie

Erosión difusa.-

Cárcavas.-

75 % área

Anchura del borde (m): 6, 30, 9, 5, 6, 5,
10, 9

Surcos (registrar 10).-

Ancho de la base (m): 3, 11, 2, 2.10, 2.5,
3, 5, 4

Ancho (mm): 150

Profundidad (mm): 300

Profundidad (m): 1.5, 8, 1.0, 1.2, 1.1, 1.3,
1.7, 1.9

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 70, 40, 30, 20, 30,
20, 20, 20, 60, 100

Encostramiento del suelo.-

Profundidad del suelo (mm): 20

UBICACIÓN.- Zona de ladera abajo del camino hacia Charape, a la altura del muestreo C11 (frente a área de cultivo).

HISTORIAL.- Es una zona que tiene mucha presencia de cárcavas en toda la unidad. El uso en las tierras es de pastoreo (estiércol abundante de ganado equino y caprino). La tenencia de la tierra es de parcelas con titulares asignados.

VEGETACIÓN.- Matorral espinoso (muy impactado), con vegetación secundaria.

Suelo desnudo.-

80 % área sin vegetación

25 % pedregosidad en superficie

Terracetas "registrar 10"

Erosión difusa.-

Altura promedio (mm): 15, 100, 100,
100, 150, 100, 100, 400, 300, 50, 200

90 % área

Surcos (registrar 10).- No se observan

Cárcavas.-

Ancho (mm): ---

Anchura del borde (m): 4.16

Profundidad (mm): ---

Ancho de la base (m): 1.20

Profundidad (m): 0.6

Pedestales "registrar 10"

Altura promedio (mm): 30, 40, 30, 20, 40,
20, 30, 30, 25, 30

Encostramiento del suelo.- No se observa

Profundidad del suelo (mm):

A.4 DESCRIPCIONES COMPLETAS DE PERFILES DE SUELO EN LA MICROCUENCA LA JOYA

I. DESCRIPCIÓN DE PERFILES

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Me1

a	Número de perfil:	1
b	Nombre del sitio:	Montaña empinada 1
c	Clasificación del suelo WRB:	Leptosol
d	Fecha de descripción:	30 de Agosto de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Parcela forestada con nopales (hay obras de conservación: zanjales de infiltración)
	Coordenadas:	0339117
		Y = 2302977
g	Altitud:	2580 Msnm
H	Pendiente:	24° con exposición S
i	Uso del suelo y vegetación:	Área en conservación con algunas especies como: <i>opuntia</i> sp., <i>Ipomoea</i> sp., helechos (cheilantes), rosetas (guapillo), y vegetación herbácea con presencia de relictos de encino (en la parte alta de la ladera.
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7 mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Brecha volcánica
b	Drenaje natural:	Deficiente

c	Condiciones de humedad en el perfil:	Fresca - seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	10%
f	Evidencia de erosión:	2% del área sin vegetación, con un 70% de erosión difusa y pedestales con una altura de 13.5 mm de Altura promedio.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, debido a que se encuentra en una pendiente pronunciada de 24°, con textura franco arcilloso, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino; presenta contenidos bajos de MO. Domina el horizonte Ah con 14cm de espesor suprayacente a un Cw. El suelo en general tiene un drenaje de excesivo a moderado debido a la poca profundidad que dicho perfil presenta.

Ah	0 – 14 cm	Color marrón rojizo en húmedo (5 YR 3/2), textura arcillosa ®, contenido de materia orgánica (1.06 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, medio a fina con un 7% pedregosidad, gravillas. En relación a porosidad, son pocos y medianos, finos y vesiculares exped. Muy alta densidad de raíces, limite abrupto e irregular.
Cw	14 - >29 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ma1

- a Número de perfil: 2
- b Nombre del sitio: Montaña abrupta 1 (Ma1)
- c Clasificación del suelo WRB: Leptosol
- d Fecha de descripción: 29 de Octubre de 2012
- e Autor: Guillermina Barrientos Rivera
- f Localización: Se ubica en la porción N-W de la Microcuenca camino a la comunidad El Pinalillo.
- Coordenadas: X = 0336541
Y = 3101126
- g Altitud: 2551 Msnm
- H Pendiente: >30° con exposición NW
- i Uso del suelo y vegetación: Es una zona forestal muy perturbada por la presencia de ganado, en las partes más bajas de la unidad se han abierto áreas para implementar agricultura. Se aprecia un proceso de caída de rocas en boques grandes que se han desprendido de la parte más alta. La tenencia de la tierra es ejidal.
- j Clima: Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a Material parental: Lava básica
- b Drenaje natural: Excesivo
-

c	Condiciones de humedad en el perfil:	De seca a muy seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	80%
f	Evidencia de erosión:	No

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil uniforme en apariencia, muy somero (9 cm). La textura en todo el perfil es franco arcillo arenosa. El pH se mantiene muy ligeramente alcalino en todo el perfil. Presenta contenidos bajos de MO y un horizonte A de 3 cm el cual, por encontrarse en pendientes abruptas son materiales en tránsito que hacen que dicho horizonte sea tan delgado o definitivamente decapitado. El suelo es excesivamente drenado por la pendiente (>30°). Aunque es un perfil delgado, el horizonte A domina el espesor, la densidad de raíces se observa de muy alta a alta.

Ah	0 – 3 cm	Color en húmedo café muy oscuro (10YR 2.5/2), textura franco arcillo arenosa (CRA), contenido de materia orgánica (1.2940 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.3 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques fuerte, media, con una pedregosidad de 3%, gravas finas. En relación a poros, tiene; muchos vesiculares finos. Muy alta densidad de raíces, limite claro y uniforme.
Ac	3 – 9 cm	Color café muy oscuro (10YR 2.5/2). Textura franco arcillo arenosa (CRA), contenido de materia orgánica (1.0260 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.3 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados mediana, estructura granular moderada, fina, con un 3% de pedregosidad, gravas finas. En relación a poros, son muchos medianos e intersticiales. Alta densidad de raíces, limite quebrado.
Cw	9 - >16 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ma2

a	Número de perfil:	3
b	Nombre del sitio:	Montaña abrupta 2 (Ma2)
c	Clasificación del suelo WRB:	Leptosol
d	Fecha de descripción:	24 de Noviembre de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Cerro el Nopalito
	Coordenadas geográficas:	X = 20.82489
		Y = 100.55898
g	Altitud:	2597 Msnm
H	Pendiente:	>30° con exposición NW
i	Uso del suelo y vegetación:	Es una zona de pastoreo.
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	Excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	Muy seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	90%
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa en un 60%

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, debido a que se encuentra en una pendiente abrupta $>30^\circ$, con textura franco limoso, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino; presenta contenidos bajos de materia orgánica. Se encuentra un solo un horizonte A con 4cm de espesor suprayeciendo a un Cw dominante con un espesor de 6 y/o >6 cm. el suelo en general tienen un drenaje excesivo debido a la poca profundidad del suelo.

Ah	0 – 4 cm	Color en húmedo café muy oscuro (10YR 2/2). Textura franco limoso (CL), contenido de materia orgánica (1.1820 %), muy ligeramente ácido (pH 6.5 en agua destilada) y mediana densidad aparente (1.3 g*cm^3). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques moderada, de fina a media, con una pedregosidad de 5 %, gravas finas. La porosidad es ex-inped, pocos, intersticiales y finos. Muy baja densidad de raíces, límite del horizonte quebrado.
----	----------	---

Cw	>4 cm	Roca intemperizada
----	---------	--------------------

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ma3

a	Número de perfil:	4
b	Nombre del sitio:	Montaña abrupta 3 (Ma3)
c	Clasificación del suelo WRB:	Leptosol
d	Fecha de descripción:	01 de enero de 2013
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Cerro el pebetero
	Coordenadas geográficas:	X = 20.78778
		Y = 100.55183
g	Altitud:	2461 Msnm
H	Pendiente:	>30° con exposición SE
i	Uso del suelo o vegetación:	Parcelas agrícolas, que han sido abandonadas. Su uso actual es pastoreo.
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica y toba
b	Drenaje natural:	Excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	Seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	60%

- f Evidencia de erosión: Pedestales con una altura media de 5.8mm y erosión difusa en 30% y terracetas en 50% del área.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, debido a que se encuentra en una pendiente pronunciada de $>30^\circ$, con textura franco limosa, una formación de estructura con desarrollo media. El pH es ligeramente ácido; presenta bajo contenido de materia orgánica. Domina el horizonte Cw por la poca profundidad del suelo. Dicho recurso en general tiene un drenaje excesivo por ser muy delgado.

Ah	0 – 6 cm	Color muy grisáceo oscuro (10YR 3/2), textura franco limoso (CL), contenido bajo de materia orgánica (1.0150 %), ligeramente ácido (pH 6.0 en agua destilada) y mediana densidad aparente (1.2 g*cm^3). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, media; con una pedregosidad de 5 %, gravas finas. Los poros son pocos, intersticiales finos, in-exped. Con una densidad de raíces baja y un límite del horizonte ondulado.
Cw	>6 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Mi1

- | | | |
|---|------------------------------|--|
| a | Número de perfil: | 5 |
| b | Nombre del sitio: | Montaña intermedia 1 |
| c | Clasificación del suelo WRB: | Regosol |
| d | Fecha de descripción: | 30 de Agosto de 2012 |
| e | Autor: | Guillermina Barrientos Rivera |
| f | Localización: | Junto al camino que va hacia a La Joya, entrando por la Barreta (a la derecha). |
| | Coordenadas: | X = 0339033
Y = 2302561 |
| g | Altitud: | 2597 Msnm |
| H | Pendiente: | 20° con exposición SW |
| i | Uso del suelo o vegetación: | Es una zona de pastoreo (caprinos). |
| j | Clima: | Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm. |

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- | | | |
|---|--------------------------------------|------------------|
| a | Material parental: | Brecha volcánica |
| b | Drenaje natural: | moderado |
| c | Condiciones de humedad en el perfil: | Seca |
| d | Profundidad del manto freático: | Desconocida. |
| e | Presencia de rocas superficiales: | 10% |

- f Evidencia de erosión: Pedestales con una altura media de 3.9mm, erosión difusa en 60% creando microrelieve en un 15% del área, cárcavas y surcos.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, debido a que se encuentra en una pendiente de 20°, uniforme en apariencia, con una textura arcillosa en todo el perfil y una estructura con desarrollo de baja a media. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenido muy bajo a casi nulo de materia orgánica. Domina el horizonte Ac con 14 cm de espesor subyacente a un Ah con 4 cm. el suelo en general es moderadamente bien drenado.

Ah	0 – 4 cm	Color marrón grisáceo en húmedo (10YR 5.5/2). Textura arcillosa @, contenido de materia orgánica muy bajo (0.2434 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura en migajón medio, con un 2 % de pedregosidad. Alta densidad de raíces, límite del horizonte difuso.
Ac	4 – 18 cm	Color grisáceo claro en húmedo (10YR 6/2). Textura arcillosa @, contenido muy bajo de materia orgánica (0.2455 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados media, estructura subangular en bloques, fuerte, gruesa, con 3 % de pedregosidad. En relación a poros, tiene, pocos, intersticiales finos. Alta densidad de raíces, limite difuso.
Cw	18 - >30 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Mi2

- a Número de perfil: 6
- b Nombre del sitio: Montaña intermedia 2 (Mi2)
- c Clasificación del suelo WRB: Cambisol
- d Fecha de descripción: 31 de Agosto de 2012
- e Autor: Guillermina Barrientos Rivera
- f Localización: Es una zona ubicada camino a la comunidad El Pinalillo (a 1km de arroyo grande).
- Coordenadas: X = 0336981
Y = 2300587
- g Altitud: 2360 Msnm
- H Pendiente: 10° con exposición E
- i Uso del suelo o vegetación: Pastoreo (presencia de excretas de ganado bovino, equino y caprino).
- j Clima: Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a Material parental: Lava ácida
- b Drenaje natural: Moderado
- c Condiciones de humedad en el perfil: Seca
- d Profundidad del manto freático: Desconocida.
- e Presencia de rocas superficiales: 70%

- f Evidencia de erosión: Erosión difusa (60%) creando microrelieve en un 45%, pedestales con una altura media de 7.5mm, cárcavas, terracetas (30%) y pie de vaca.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil somero, con una pendiente de 10°, textura arcillo arenosa en el primer horizonte y arcillosa en el segundo, una formación de estructura con desarrollo medio. El pH es muy ligeramente ácido en los primeros 2 cm y más ácido a mayor profundidad, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bc con 19 cm subyaciendo a un Ah. El suelo en general es moderadamente bien drenado.

Ah	0 - 2 cm	Color marrón amarillento en húmedo (10YR 5/6). Textura arcillo arenosa (RA), contenido muy bajo de materia orgánica (0.2691 %), muy ligeramente ácido (pH 6.5 en agua destilada) y baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados fuerte, estructura laminar y granular de media a fuerte, con un 2 % de pedregosidad, gravas gruesas. La porosidad es escasa en abundancia, intersticiales, muy finos, in-exped. Alta densidad de raíces, límite abrupto y uniforme.
Bc	2 - 21 cm	Color marrón amarillento en húmedo (10YR 5/6). Textura arcillosa @, contenido muy bajo de materia orgánica (0.2152 %), ligeramente ácido (pH 6.0 en agua destilada) y baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, media, con 3 % de pedregosidad. En relación a poros, tiene, pocos, vesiculares, finos, in-exped. Alta densidad de raíces, limite gradual y ondulado.
Cw	21 - >29 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Mi3

- a Número de perfil: 7
- b Nombre del sitio: Montaña intermedia 3 (Mi3)
- c Clasificación del suelo WRB: Cambisol
- d Fecha de descripción: 31 de octubre de 2012
- e Autor: Guillermina Barrientos Rivera
- f Localización: Se ubica en la porción N-W de la Microcuenca junto al parte aguas (al sur del cerro Los Muertos).
- Coordenadas: X = 0336516
Y = 2300670
- g Altitud: 2450 Msnm
- H Pendiente: 18° con exposición SW
- i Uso del suelo y vegetación: Es una zona forestal con vegetación en matorral de mimosas (huizaches) semiconservadas, con especies como: cactáceas y herbáceas abundantes en el subdosel.
- j Clima: Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a Material parental: Lava básica y toba
- b Drenaje natural: Moderado
- c Condiciones de humedad en el perfil: Fresca
-

d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	No
f	Evidencia de erosión:	No

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil somero, debido a que se encuentra en una pendiente pronunciada de 18°, con texturas arcillo arenosa, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente ácido en los primeros 17 cm y a mayor profundidad es un poco más ácido, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 7 cm subyaciendo un Ah.

Ah	0 – 5 cm	Color gris rojizo oscuro en húmedo (2.5 YR 3/1). Textura arcillo arenosa (RA), contenido bajo de materia orgánica (0.8951 %), muy ligeramente ácido (pH 6.5 en agua destilada) y una baja densidad aparente (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados débil, estructura granular moderada, media, con pedregosidad de 3%, muchos poros intersticiales finos, in-exped, densidad de raíces muy alta, límite claro y uniforme.
Bw	5 – 12 cm	Color café rojizo en húmedo (2.5YR 2.5/2), textura arcillo arenosa (RA), contenido bajo de materia orgánica (0.5859 %), muy ligeramente ácido (pH 6.5 en agua destilada) y una densidad aparente baja (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, fina, con pedregosidad de 2 %, muchos poros finos, vesiculares, densidad alta de raíces, límite claro y uniforme.
Bc	12 - 17 cm	Color negro rojizo en húmedo (2.5YR 2.5/1). Textura arcillo arenosa (RA), contenido bajo de materia orgánica (0.5583 %), ligeramente ácido (pH 6.0 en agua destilada) y densidad aparente baja (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, fina, con pedregosidad de 2 %, poros comunes finos, vesiculares, densidad alta de raíces, límite ondulado.

C	17 – 30 cm	Color negro rojizo en húmedo (7.5R 2.5/1). Textura arcillo arenosa (RA), contenido bajo de materia orgánica (0.5079 %), ligeramente ácido (pH 6.0 en agua destilada) y densidad aparente baja (1.0 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura granular, moderada, media, con pedregosidad de 2 %, pocos poros vesiculares, densidad baja de raíces, limite abrupto.
Cw	>30 cm	Roca intemperizada

I. INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Mi4

- | | | |
|---|------------------------------|--|
| a | Número de perfil: | 8 |
| b | Nombre del sitio: | Montaña intermedia 4 (Mi4) |
| c | Clasificación del suelo WRB: | Cambisol |
| d | Fecha de descripción: | 24 de enero de 2013 |
| e | Autor: | Guillermina Barrientos Rivera |
| f | Localización: | Junto al cerrito Pico del Venado |
| | Coordenadas geográficas: | N = 20.82199 |
| | | Y = 100.55897 |
| g | Altitud: | 2456 Msnm |
| H | Pendiente: | 20° con exposición NW |
| i | Uso del suelo o vegetación: | Zona de pastoreo (presencia de equinos y caprinos). |
| j | Clima: | Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm. |

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- | | | |
|---|--------------------------------------|--------------------|
| a | Material parental: | Lava ácida |
| b | Drenaje natural: | Moderado |
| c | Condiciones de humedad en el perfil: | De seca a muy seca |
| d | Profundidad del manto freático: | Desconocida. |
| e | Presencia de rocas superficiales: | 25% |

F Evidencia de erosión: Erosión difusa (30%) creando microrelieve en un 20%, pedestales con una altura media de 3 mm y terracetos.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil somero, debido a que se encuentra en una pendiente pronunciada de 20°, con textura franco arcillosa y franco arcillo limosa, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino y ligeramente ácido a profundidad, presenta contenidos bajos de materia orgánica. El suelo en general está moderadamente bien drenado.

Ah	0 – 3 cm	Color marrón oscuro en húmedo (7.5 YR 3/2). Textura franco arcilloso (CR), contenido bajo de materia orgánica (0.6950 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de alta densidad aparente (1.5 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados débil, estructura granular moderada, media, con pedregosidad de 3%, poros comunes vesiculares medianos, densidad de raíces mediana, límite claro y uniforme.
Bw	3 – 9 cm	Color marrón oscuro en húmedo (7.5YR 3.5/2). Textura arcillo limoso (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.4842 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de alta densidad aparente (1.5 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, gruesa, con 1 % de pedregosidad, poros comunes medianos, vesiculares, medianamente denso en raíces, límite ondulado.
Bc	9 - 20 cm	Color marrón oscuro en húmedo (7.5YR 3/2), textura franco arcillo limoso (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.4478 %), muy ligeramente ácido (pH 6.5 en agua destilada) y de alta densidad aparente (1.5 g*cm ³), estructura subangular en bloques, moderada, gruesa, con pedregosidad de 1 %, pocos poros finos, intersticiales, densidad baja de raíces, límite ondulado.
Cw	>20 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ms1

- a Número de perfil: 9
- b Nombre del sitio: Montaña ligeramente suave 1 (Ms1)
- c Clasificación del suelo WRB: Regosol
- d Fecha de descripción: 30 de Agosto de 2012
- e Autor: Guillermina Barrientos Rivera
- f Localización: Camino a la comunidad Charape La Joya (la parte más baja de la loma del cajón)
- Coordenadas: X = 0339012
Y = 2302054
- g Altitud: 2420 Msnm
- H Pendiente: 6° con exposición NW
- i Uso del suelo o vegetación: Zona de pastoreo (es unidad de uso común en el ejido).
- j Clima: Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a Material parental: Lava ácida
- b Drenaje natural: Moderado
- c Condiciones de humedad en el perfil: fresca
- d Profundidad del manto freático: Desconocida.
- e Presencia de rocas superficiales: 40%
- f Evidencia de erosión: Erosión difusa (10%), pedestales con una altura

media de 2mm y cárcavas.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Perfil somero, moderadamente bien drenado, con textura arcillosa en todo el perfil, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica y un horizonte A de 14 cm sobre el cual se ha depositado material en tránsito proveniente de la parte más alta de la montaña con un espesor de 5 cm. este material es sobre todo parte de un horizonte Ah que, dada la pendiente del terreno se mueve hacia las partes bajas de la cuenca.

Ah	0 – 5 cm	Color gris rojizo oscuro en húmedo (2.5 YR 3/1), textura arcillosa @, contenido bajo de materia orgánica (0.4643%), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.2 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular moderada, media, con pedregosidad de 1%, gravillas. En relación a poros, son pocos vesiculares medianos. Muy alta densidad de raíces, límite claro y uniforme.
Ac	5 – 14 cm	Color negro en húmedo (5YR 2.5/1), textura arcillosa @, contenido bajo de materia orgánica (0.4216 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.2 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, media, con pedregosidad de 2%, pocos poros medianos, alta densidad de raíces, límite difuso.
Cw	14 >32 cm	Color gris rojizo oscuro en húmedo (2.5YR 3/1), textura arcillosa @, contenido bajo de materia orgánica (0.3259 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente, estabilidad de agregados fuerte, estructura subangular en bloques, moderada, gruesa, pocos poros medianos, intersticiales, densidad baja de raíces, límite abrupto. Roca intemperizada.

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ms2

a	Número de perfil:	10
b	Nombre del sitio:	Montaña ligeramente suave 2 (Ms2)
c	Clasificación del suelo WRB:	Leptosol
d	Fecha de descripción:	30 de Agosto de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Muy cerca de la localidad El Pinalillo (donde termina la terracería).
	Coordenadas:	X = 0336357 Y = 2300395
g	Altitud:	2432 Msnm
H	Pendiente:	5° con exposición NW
i	Uso del suelo o vegetación:	Zona de pastoreo.
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava ácida
b	Drenaje natural:	Excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	Muy seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	15%
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa (25%) e indicios de microprelieve.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Perfil muy somero (9 cm), se encuentra en terrenos de pendientes suaves (5°), color grisáceo oscuro y café rojizo a profundidad, con alta pedregosidad. Las texturas dominantes son las arcillas, el desarrollo de estructura es de fuerte a moderada. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica y casi nula en el segundo horizonte. Domina el horizonte A con 5 cm de espesor suprayacente a un Bw. El suelo en general tiene un drenaje excesivo debido a la poca profundidad que dicho perfil presenta.

Ah	0 – 5 cm	Color muy grisáceo oscuro en húmedo (10 YR 3/2), textura arcillo arenosa (RA) con un contenido bajo de materia orgánica (0.4542 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y una mediana densidad aparente (1.3 g*cm ³). Suelo con agregación natural, de estabilidad fuerte y estructura laminar (1mm), con pedregosidad de 2%. Los poros son pocos, vesiculares muy finos, medianamente denso en raíces, límite claro y uniforme.
Ac	5 – 9 cm	Color café rojizo húmedo (5YR 3.5/2), textura arcillosa @, contenido bajo de materia orgánica (0.0077 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.3 g*cm ³). Suelo con agregación natural, de estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, media, con pedregosidad de 5 %, en relación a poros, son pocos, vesiculares, medianos, baja densidad de raíces, limite difuso.
Cw	>9 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ms3

a	Número de perfil:	11
b	Nombre del sitio:	Montaña ligeramente suave 3 (Ms3)
c	Clasificación del suelo WRB:	Cambisol
d	Fecha de descripción:	17 de Diciembre de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Saliendo de la comunidad La Joya (en la loma de cultivo – arriba del riachuelo).
	Coordenadas:	X = 0338391 Y = 2299650
g	Altitud:	2379 Msnm
H	Pendiente:	5° con exposición SE
i	Uso del suelo o vegetación:	Zona de pastoreo y agrícola de temporal.
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	Moderado
c	Condiciones de humedad en el perfil:	De seca a húmeda
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	40%
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa (40%), surcos (15%), pedestales con

una altura media de 41.7mm y cárcavas en un 3% del área.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Perfil somero con 27 cm de profundidad, con textura franco arenosa fina y franco arcilloso a partir de los 5 cm, una formación de estructura con desarrollo débil a moderada. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 15 cm de espesor suprayaciendo a un Ah. El suelo en general presenta un drenaje moderado debido a la profundidad del suelo y la estabilidad por la poca pendiente (5°).

Ah	0 – 5 cm	Color muy grisáceo oscuro en húmedo (10 YR 3/2), textura franco arenosa fina (CAf), contenido bajo de materia orgánica (0.2426 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados débil, estructura migajón, débil, fina, con pedregosidad de 1%, muchos poros intersticiales finos, altamente denso en raíces, límite claro y uniforme.
Bw	5 – 20 cm	Color marrón rojizo en húmedo (5YR 3/2), textura franco arcillosa (CR), contenido bajo de materia orgánica (0.2265 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura angular en bloques, moderada, gruesa, con pedregosidad de 2 %, pocos poros intersticiales, medianos, alta densidad de raíces, límite ondulado.
Bc	20 – 27 cm	Color café rojizo en húmedo (5YR 3.5/2), textura franco arenosa fina (CAf), contenido bajo de materia orgánica (0.2189 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, moderada, con pedregosidad de 2 %, pocos poros vesiculares, medianos, baja densidad de raíces, límite quebrado.
Cw	>27 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ms4

a	Número de perfil:	12
b	Nombre del sitio:	Montaña ligeramente suave 4 (Ms4)
c	Clasificación del suelo WRB:	Cambisol
d	Fecha de descripción:	18 de Enero de 2013
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Camino a La Presita San Antonio
	Coordenadas:	X = 20.79096
		Y = 100.55371
g	Altitud:	2314 Msnm
H	Pendiente:	6° con exposición NE
i	Uso del suelo o vegetación:	Zona de pastoreo (evidencia de estiércol de ganado bovino, equino y caprino).
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	Moderado
c	Condiciones de humedad en el perfil:	De seca a fresca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	15%

- f Evidencia de erosión: Erosión difusa (75%), terracetas y pedestales con una altura media de 12.6mm.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil somero de 29 cm, con una profundidad fisiológica de 20 cm. La textura es franco arcillo arenosa en los primeros 7 cm y franco a profundidad es franco arcillo limoso. Una formación de estructura con desarrollo moderado. Domina el pH muy ligeramente alcalino (7.0), presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 20 cm de espesor subyaciendo a un A. el suelo en general tiene un drenaje moderado.

Ah	0 – 7 cm	Color marrón fuerte en húmedo (7.5 YR 3/1). Textura franco arcillo arenosa (CRA), contenido bajo de materia orgánica (0.3532 %), ligeramente alcalino (pH 7.5 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados fuerte, estructura granular, moderada, media, con pedregosidad de 7 %, poros comunes vesiculares in-exped, finos. Alta densidad de raíces, límite claro y uniforme.
Ac	7 – 20 cm	Color marrón oscuro en húmedo (7.5YR 3/2), textura franco arcillo limosa (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.3115 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, subangular en bloques, fuerte, media, sin pedregosidad. La porosidad es de tipo vesiculares exped, comunes, medianos. Alta densidad de raíces, limite ondulado.
Bw	20 – 29 cm	Color muy gris oscuro en húmedo (10YR 3/1), textura franco arcillo limosa (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.2148 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.4 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques, fuerte, gruesa, sin pedregosidad. Pocos poros vesiculares in-exped, gruesos. Baja densidad de raíces, limite quebrado.
Cw	>29 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – Ms5

- a Número de perfil: 13
- b Nombre del sitio: Montaña ligeramente suave 5 (Ms5)
- c Clasificación del suelo WRB: Regosol
- d Fecha de descripción: 25 de Enero de 2013
- e Autor: Guillermina Barrientos Rivera
- f Localización: Camino hacia el cerrito El Pico del Venado (la parte más baja).
- Coordenadas: X = 20. 81757
Y = 100. 55756
- g Altitud: 2300 Msnm
- H Pendiente: 8° con exposición NE
- i Uso del suelo o vegetación: Es una zona agrícola en temporada de lluvias y de pastoreo en temporada de sequía.
- j Clima: Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

- a Material parental: Toba (ceniza volcánica)
- b Drenaje natural: Excesivo
- c Condiciones de humedad en el perfil: De seca a muy seca
- d Profundidad del manto freático: Desconocida.
-

e	Presencia de rocas superficiales:	70%
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa (70%), surcos en (15%), pedestales con una altura media de 4.3mm y terracetos (30%) del área.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero con 15 cm de profundidad, debido a que se encuentra en una unidad genéticamente receptora de sedimentos (acumulativa). Domina la textura franco arcilloso (CR), la formación de estructura moderada. El pH se mantiene en muy ligeramente alcalino en todo el perfil. Presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bc con 9 cm de espesor suprayaciendo a un A con 6 cm. el sitio en general es excesivamente drenado, debido a la profundidad del suelo.

Ah	0 – 6 cm	Color gris pardo claro en húmedo (2.5Y 5/2). Textura franco arcillosa (CR), contenido bajo de materia orgánica (0.2531 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada). Densidad aparente baja (1.1 g*cm ³). Estructura granular de tamaño medio de grado débil, con pedregosidad de 3 %. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada. Porosidad in-exped pocos, vesiculares, finos. Densidad de las raíces alta. Límite claro y uniforme.
Bc	6 – 15 cm	Color gris pardo claro en húmedo (2.5Y 5/2). Textura franco arcillosa (CR), contenido bajo de materia orgánica (0.2440 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de baja densidad aparente (1.1 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados fuerte, estructura angular en bloques de tamaño medio y de grado moderado, con pedregosidad de 5% (gravas finas), pocos poros in-exped vesiculares de tamaño fino. Medianamente denso en raíces, límite ondulado.
Cw	>15 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – CI1

a	Número de perfil:	14
b	Nombre del sitio:	Cima de Iomerío 1 (CI1)
c	Clasificación del suelo WRB:	Resosol
d	Fecha de descripción:	31 de Agosto de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Junto al área cercada – arriba del camino hacia la comunidad El Charape (cima).
	Coordenadas:	X = 0338221 Y = 2301136
g	Altitud:	2360 Msnm
H	Pendiente:	2° con exposición NE
i	Uso del suelo y vegetación:	Zona de pastoreo
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	Excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	De seca a fresca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	<1 %
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa (10%), pie de vaca y terracetos (3%).

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, con una profundidad de 30 cm, con textura franco arcillo arenosa (CRA) en los primeros 5 cm, arcillosa ® en el segundo horizonte y franco arcillo limoso (CRL) en el tercer horizonte (roca intemperizada), una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 11 cm de espesor suprayeciendo a un Ah. El suelo en general es excesivamente drenado debido a la profundidad del suelo.

Ah	0 – 5 cm	Color marrón amarillento oscuro en húmedo (10YR 3/4). Textura franco arcillo arenosa (CRA), contenido bajo de materia orgánica (0.8462 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.2 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura granular de tamaño medio y de grado moderado, con pedregosidad de 3 % (gravas finas), poros exped, comunes de tamaño fino, extremadamente alta densidad de raíces, límite abrupto y uniforme.
Bw	5 – 16 cm	Color marrón amarillento en húmedo (10YR 5/6). Textura arcillosa ®, contenido bajo de materia orgánica (0.3153 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente (1.2 g*cm ³). Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura subangular en bloques de tamaño grueso, con pedregosidad de 5 %, pocos poros, alta densidad de raíces, límite claro y ondulado.
Cw	16 - >30 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – CI2

a	Número de perfil:	15
b	Nombre del sitio:	Cima de Iomerío 2 (CI2)
c	Clasificación del suelo WRB:	Regosol
d	Fecha de descripción:	31 de Agosto de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Zona de ladera – abajo del camino hacia la comunidad El Charape (a la altura del área cercada).
	Coordenadas:	X = 0338115 Y = 2301108
g	Altitud:	2330 Msnm
H	Pendiente:	10° con exposición NE
i	Uso del suelo y vegetación:	Zona de pastoreo
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	Seca
d	Profundidad del manto freático:	Desconocida.
e	Presencia de rocas superficiales:	No

f Evidencia de erosión: Terracetas (75%), pie de vaca, cárcavas (50%), pedestales (60%) y surcos (15%).

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, con una profundidad de 16 cm, con textura arcillosa ® en los primeros 7 cm y arcillosa arenosa (RA) en el segundo horizonte, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH es muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 9 cm de espesor suprayeciendo a un Ah. El suelo en general es excesivamente drenado debido a la profundidad del suelo.

Ah	0 – 7 cm	Color marrón amarillento oscuro en húmedo (10YR 5/4). Textura arcillosa ®, contenido bajo de materia orgánica (0.3430 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados débil, estructura de tipo granular, tamaño fino y grado moderada, con pedregosidad de 3%, muchos poros expeditivos vesiculares, medianos y finos, extremadamente alta densidad de raíces, límite abrupto y uniforme.
Bw	7 – 16 cm	Color marrón amarillento oscuro en húmedo (10YR 4/4). Textura arcillo arenosa (RA), contenido bajo de materia orgánica (0.3469 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y densidad aparente mediana. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada,, estructura subangular en bloques de tamaño gruesa y de grado medio, con pedregosidad de 5 %. En relación a poros, tiene, pocos son expeditivos, vesiculares y medianos. Alta densidad de raíces, límite claro y ondulado.
Cw	>16 cm	Roca intemperizada

INFORMACIÓN ACERCA DE LA LOCALIDAD

Descripción completa del perfil – CI3

a	Número de perfil:	16
b	Nombre del sitio:	Cima de Iomerío 3 (CI3)
c	Clasificación del suelo WRB:	Regosol
d	Fecha de descripción:	17 de Diciembre de 2012
e	Autor:	Guillermina Barrientos Rivera
f	Localización:	Zona de ladera – abajo del camino hacia la Comunidad El Charape (a la altura del muestreo CI1).
	Coordenadas:	X = 0338456 Y = 2301882
g	Altitud:	2343 Msnm
H	Pendiente:	7° con exposición NE
i	Uso del suelo o vegetación:	Zona de pastoreo (evidencia de estiércol de ganado equino y caprino).
j	Clima:	Semiseco templado BS1kw (w), la temperatura media anual es de 15.3°C y la precipitación promedio anual es 612.7mm.

II INFORMACIÓN GENERAL ACERCA DEL SUELO

a	Material parental:	Lava básica
b	Drenaje natural:	excesivo
c	Condiciones de humedad en el perfil:	De seca a muy seca
e	Presencia de rocas superficiales:	25%
f	Evidencia de erosión:	Erosión difusa (90%) creando microrelieve (80%), terracetos (70%), cárcavas (20%) y pedestales

(50%) del área.

III. DESCRIPCIÓN BREVE DEL PERFIL

Es un perfil muy somero, debido a la estabilidad de la ladera, producto del uso intensivo de pastoreo. Muestra una textura franco arcillo limoso y franco limoso a partir de los 4 cm, una formación de estructura con desarrollo moderado. El pH muy ligeramente alcalino, presenta contenidos bajos de materia orgánica. Domina el horizonte Bw con 6 cm de espesor, suprayaciendo a un A con 4 cm. el suelo en general tiene un drenaje excesivo debido a la poca profundidad que dicho perfil presenta.

Ah	0 – 4 cm	Color amarillento oscuro en húmedo (10YR 5/4). Textura franco arcillo limosa (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.7351 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y mediana densidad aparente. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada, estructura de tipo subangular en bloques, gruesa, con pedregosidad de 1%. Porosidad in-exped vesiculares de tamaños medio y fino, con densidad de raíces muy alta, límite claro y uniforme.
Bc	4 – 10 cm	Color amarillento oscuro en húmedo (10YR 4/4). Textura franco limosa (CL), contenido bajo de materia orgánica (0.6203%), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados fuerte. Estructura de tipo angular en bloques, de tamaño medio y grado moderado, con pedregosidad de 1 %. Poros in-exped comunes de tipo vesiculares. Con alta densidad de raíces, limite claro y ondulado.
Cw	10 - 14 cm	Color marrón amarillento oscuro en húmedo (10YR 4.5/4). Textura franco arcillo limosa (CRL), contenido bajo de materia orgánica (0.4862 %), muy ligeramente alcalino (pH 7.0 en agua destilada) y de mediana densidad aparente. Suelo con agregación natural, estabilidad de agregados moderada. Estructura de tipo subangular en bloques de tamaño medio y grado moderado, con pedregosidad de 3 %. Pocos poros tubulares, gruesos, con baja densidad de raíces, límite quebrado.
	>14 cm	Roca intemperizada

A.5 RESULTADOS LABORATORIO

A.5.1 Resultados de densidad aparente de los suelo en la microcuenca La Joya

Clave de la muestra	Suelo seco + anillo (g)	Peso de anillo (g)	Densidad Aparente (g/cm ³)	Clasificación
Me1	0.234	0.114	1.06	Baja
Ma1	0.270	0.114	1.37	Mediana
Ma2	0.262	0.114	1.30	Mediana
Ma3	0.259	0.114	1.28	Mediana
Mi1	0.234	0.112	1.07	Baja
Mi2	0.232	0.114	1.04	Baja
Mi3	0.236	0.114	1.07	Baja
Mi4	0.288	0.114	1.53	Muy alta
Ms1	0.256	0.114	1.25	Mediana
Ms2	0.260	0.112	1.30	Alta
Ms3	0.274	0.114	1.41	Alta
Ms4	0.274	0.114	1.41	Alta
Ms5	0.244	0.114	1.15	Baja
CI1	0.256	0.114	1.25	Mediana
CI2	0.268	0.114	1.36	Mediana
CI3	0.259	0.114	1.28	Mediana

A.5.2 Resultados de textura y carbono orgánico de cada horizonte por perfil de suelo en la microcuenca la joya

Clave de la muestra	Profundidad (cm)	Resultados de textura de cada horizonte (%)	Resultados de carbono orgánico por cada horizonte (%)
Me1	0 - 14	Arcillosa (R)	0.65
Ma1	0 - 3	Franco arcillo arenoso (CRA)	1.29
	3 - 9	Franco arcillo arenoso (CRA)	1.02
Ma2	0 - 4	Franco limoso (CL)	1.18
Ma3	0 - 6	Franco limoso (CL)	1.01
Mi1	0 - 4	Arcillosa (R)	0.24
	4 - 18	Arcillosa (R)	0.24
Mi2	0 - 2	Arcillo arenosa (RA)	0.26
	2 - 21	Arcillosa (R)	0.21
Mi3	0 - 5	Arcillo arenosa (RA)	0.89
	5 - 12	Arcillo arenosa (RA)	0.58
	12 - 17	Arcillo arenosa (RA)	0.55
	17 - 30	Arcillo arenosa (RA)	0.50
Mi4	0 - 3	Franco arcilloso (CR)	0.69
	3 - 9	Franco arcillo limoso (CRL)	0.48
	9 - 20	Franco arcillo limoso (CRL)	0.44
Ms1	0 - 5	Arcillosa (R)	0.46
	5 - 14	Arcillosa (R)	0.42
	14 - 32	Arcillosa (R)	0.32
Ms2	0 - 5	Arcillo arenosa (RA)	0.45
	5 - 9	Arcillosa (R)	0.01
Ms3	0 - 5	Franco arenosa fina (CAf)	0.24
	5 - 20	Franco arcilloso (CR)	0.22
	20 - 27	Franco arenosa fina (CAf)	0.21
Ms4	0 - 7	Franco arcillo arenosa (CRA)	0.35
	7 - 20	Franco arcillo limoso (CRL)	0.31
	20 - 29	Franco arcillo limoso (CRL)	0.21
Ms5	0 - 6	Franco arcilloso (CR)	0.25
	6 - 15	Franco arcilloso (CR)	0.24
Ci1	0 - 5	Franco arcillo arenosa (CRA)	0.84
	5 - 16	Arcillosa (R)	0.31
Ci2	0 - 7	Arcillosa (R)	0.34
	7 - 16	Arcillo arenosa (RA)	0.34
Ci3	0 - 4	Franco arcillo limoso (CRL)	0.73
	4 - 10	Franco limoso (CL)	0.62
	10 - 14	Franco arcillo limoso (CRL)	0.48

A.6 FORMATO DE ENTREVISTA PARA CONOCER E INTERPRETAR LAS PRÁCTICAS LOCALES DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

I. Información Personal

Fecha de la entrevista.-

Nombre del entrevistador.-

Nombre de la comunidad y municipio.-

Nombre de la persona y cargos que ha tenido y tiene.-

Sexo m / f

Fecha de nacimiento o edad:

Lengua materna.-

En donde nació.-

En dónde vive.-

Pertenece a alguna organización?

Es ejidatario/ comunero/ vecindado/propietario:

Cuántos miembros familiares viven en su casa?

Usted o algún miembro de su familia ha migrado alguna vez? Dónde?

Si ha migrado, ha trabajado en el campo? (actividades agrícolas, especificar)

Nivel económico

Nivel educativo

II. Conocimientos sobre sus suelos y su manejo

1.- ¿Cuáles son las plantas que usted utiliza (leña, forraje y control de erosión)? Y ¿Dónde se encuentran?

R.-

2.- ¿Ha reforestado alguna vez con alguna de dichas plantas? ¿Por qué considera que es importante reforestar?

R.-

3.- ¿Qué tipo de suelos tiene en sus terrenos?

R.-

4.- ¿Cuál es el proceso de preparación de sus terrenos para sembrar?

R.-

5.- ¿Qué siembra en sus terrenos?

R.-

6.- ¿Combina sus cultivos con otros en una misma parcela o es un solo tipo de cultivo?

R.-

7.- ¿Cómo está la producción en las parcelas es decir, ha disminuido, ha incrementado o se mantiene?

R.-

8.- ¿Qué opina del estado del suelo (pérdida de suelo)? ¿Cómo evalúa que tiene un problema? ¿A qué cree que se deba?

R.-

9.- ¿ha realizado algún trabajo u obra que eviten que el suelo se pierda o se desgaste?

R.-

10.- ¿Necesita que un técnico le diga cómo hacer las obras, qué alguien le revise al momento de estar trabajando o usted sabe cómo hacerlas? Si usted sabe ¿Dónde aprendió?

R.-

11.- ¿Conoce otro tipo de trabajos para conservar suelos? ¿Cómo cuáles?

R.-

12.- ¿Ha recibido apoyos de algún programa para obras de conservación de suelos?

R.-

13.- ¿La comunidad o ejido hace trabajos para conservar el suelo en las tierras comunales/ejidales? ¿Considera que le brinda algún beneficio?

R.-

14.- ¿Cuál o cuáles cree usted que sean los principales obstáculos para hacer los trabajos de conservación de suelos?

R.-

15.- ¿Recibe algún pago por hacer las obras de conservación de suelos, es por empleo temporal o usted las hace por interés propio?

R.-

16.- ¿Considera que es mucho trabajo (mano de obra) para la realización de las obras?

R.-

17.- ¿Se considera agricultor o ganadero? ¿Por qué? ¿Qué tipo de ganado tiene?

R.-

18.- ¿Considera que el ganado afecta el suelo y, que además acelera los procesos de degradación o erosión del mismo? Y ¿Por qué?

R.-

19.- ¿Considera que conservar el suelo en la microcuenca sea importante? ¿Por qué?