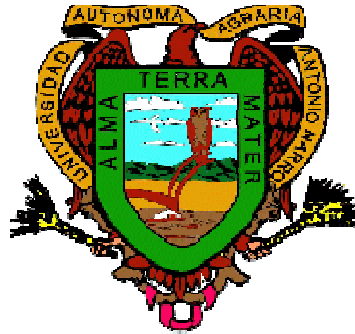


**UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA**

**“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERIA**

**DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**



**DISEÑO Y PLANEACIÓN DE UNA OBRA DE  
CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO EN EL EJIDO  
DE CHAPULA**

**POR:**

**JULIO ALBERTO GARCÍA BORRAZ**

**TESIS**

**PRESENTADA COMO REQUISITO  
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN**

**BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA, MÉXICO, MARZO 2010**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERIA  
DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE

DISEÑO Y PLANEACIÓN DE UNA OBRA DE  
CONSERVACIÓN DE AGUA Y SUELO EN EL  
EJIDO DE CHAPULA

PRESENTADA POR:  
JULIO ALBERTO GARCÍA BORRAZ

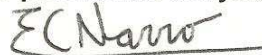
TESIS

Que Somete a Consideración del H. Jurado Examinador  
Como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN IRRIGACIÓN


Aprobado

El presidente del jurado




Dr. Efraín Castro Narro

Vocal

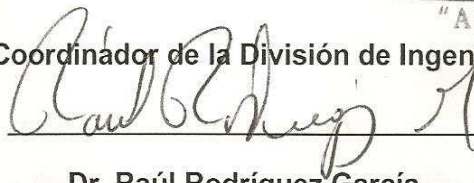
  
Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún

Vocal

  
Dr. Javier de Jesús Cortes Bracho

Universidad Autónoma Agraria  
"ANTONIO NARRO"

El Coordinador de la División de Ingeniería

  
Dr. Raúl Rodríguez García



Coordinación de  
Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Marzo de 2010

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A DIOS**

Con el mas sincero agradecimiento, cariño y amor, al señor todo poderoso, a ti señor que me diste el maravilloso don de la vida. Por no dejarme ni un momento solo en todo mi camino, por haberme dado fortaleza y sabiduría para lograr una meta más en mi vida, gracias diosito.

### **A MI ALMA TERRA MATER**

Por formar parte de esta gran universidad y de culminarme de conocimientos en cada una de tus aulas para ser alguien en la vida y salir adelante con mucho orgullo de un buen “Buitre de la Narro”.

### **AL DEPARTAMENTO DE RIEGO Y DRENAJE**

Agradezco por darme la oportunidad de pertenecer a la mejor carrera “Ingeniero Agrónomo en Irrigación” de esta humilde universidad y darme las herramientas necesarias para fortalecer mis conocimientos.

### **AL DR. JESÚS RODRÍGUEZ SAHAGÚN**

Con el respeto y admiración que se merece le doy mis más sinceros agradecimientos por su dedicación en la revisión de este trabajo de tesis y sus valiosas aportaciones que me brindo incondicionalmente, por su confianza y paciencia en todo momento.

### **AL DR. EFRAIN CASTRO NARRO**

Por sus sabios consejos para la realización de este trabajo y brindarme su amistad antes que nada. Por el apoyo brindado en el desarrollo de este trabajo.

### **AL DR. JAVIER DE JESÚS CORTÉS BRACHO.**

Por el apoyo y tiempo brindado en la realización de este trabajo y por sus valiosas aportaciones en la mejora del mismo.

## **DEDICATORIAS**

### **A MIS PADRES:**

#### **RAÚL GARCIA VALENCIA Y ERNESTINA DEL C. BORRAZ SOLANO**

Con cariño y amor doy gracias a estos seres más maravillosos que me ha regalado dios, por ser las personas que me han educado en el camino del bien y porque depositaron toda su confianza y amor en mi. Nunca terminare de agradecerles por su apoyo incondicional, sus sabios consejos y por todos sus desvelos y esfuerzos que me forjaron a salir adelante, que diosito siempre me los cuide y bendigan, los quiero mucho.

### **AMIS HERMANOS**

**ELCI OLIVIA, LUIS ALFONSO Y RAÚL**, a ellos con el amor y cariño que les tengo, aparte de ser magníficos hermanos, los considero los mejores amigos de toda la vida, por darme siempre ánimos, apoyo, comprensión y estar en los malos y buenos momentos, ya que han sido una motivación en mi vida. Los quiero mucho condenados.

### **A MIS SOBRINITOS.**

**ESTRELLITA, LUISITO, EDOARDITO, LEONARDITO Y A MI SOBRINITA JUDHIT ALEJANDRA<sup>+</sup>** que es un angelito a ya en el cielo, a mis tiernos sobrinos que diosito me los cuide y los bendiga siempre y se han mejor que yo.

### **AMIS CUÑIS Y CUÑADO**

**LILIA, EYDI, BERE y LALO**, gracias por tener confianza en mi y brindarme su amistad incondicionalmente y ser grandes personas.

## **A MIS TIOS**

Gracias por sus valiosos consejos y depositar toda su confianza para ser un hombre de bien y ser un hijo mas entre ustedes.

## **A MIS ABUELITOS**

Que les dieron la vida a mis padres y con los que siempre me mostraron cariño, sobre todo a mi abuelita María Solano, que es con la que compartir mayor tiempo y me dio muchas bendiciones para salir adelante y que dios guiara mi camino.

## **A MI PEQUE PRECIOSA**

**DULCE MARIA LOPEZ AGUILAR**, por ser el motor de mis logros y darme las fuerzas necesarias, por todo el cariño, amor y confianza que has depositado en mí a pesar de la distancia. Gracias por tu apoyo y darme ánimos en todo momento. Te amo preciosa y que diosito te bendiga hoy, mañana y siempre.

## **A MIS FUTUROS SUEGRIS**

Agradezco de todo cariño a la Sra. Blanca Luz Aguilar y al Sr. Juan por su apoyo incondicional y ser grandes personas, por todos sus consejos y sobre toda la confianza que me han depositado dentro de su familia. Nada mas les puedo decir no se me desesperen muy pronto seré su yerno preferido. Los quiero mucho, que dios los bendiga.

## **AMIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Al Ing. Jhony, Ing. Eliezer, Areli, Ing. Galileo, a mi compa Chalan, Lupita, Octavio Ozuna, Ing. Neto, Ing. Octavio Aguilar, Ing. rosember (Chendo), Elizabeth, Ivan (el pelle), Uzias, Pati, Eutiquia, Camal, miton, lizandro, Miguel (Yute), jorge (Choquer), marcos (el Osin), apolinar, Claudio, esmeralda, Homero (homi), Edwin, Juanillo, Irvin, Horte, Octavio (Conejo), Ruper, George, Pablo, Mi prima miri, mi primo mecho, Javier, Sayli y peter. Por brindarme su amistad y a poyo para este logro. Les deseo lo mejor de la vida.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	<b>PAGINAS</b>
ÍNDICE DE CUADROS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMEN.....	1
I. INTRODUCCIÓN.....	2
1.1 Justificación.....	4
1.2 Objetivos.....	4
1.3 Aspectos generales.....	5
1.3.1 Antecedentes .....	5
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	7
2.1 Desertificación.....	7
2.1.1 Proceso de desertificación en México .....	7
2.2 Degradación en los suelos.....	7
2.2.1 Degradación de los suelos.....	7
2.2.2 Formas de degradación del suelo.....	8
2.2.3 Labranza como factor degradación del suelo.....	8
2.2.4 Efectos negativos de la labranza convencional.....	9
2.3 Erosión .....	10
2.3.1 Conceptos de erosión .....	10
2.3.2 Erosión de suelos a nivel mundial.....	11
2.3.3 Erosión de suelos en México .....	13
2.4 Mecanismos de la erosión.....	13
2.4.1 Agentes de la erosión .....	14
2.4.2 Factores físicos que influyen la erosión hídrica.....	15

2.5 Tipos de erosión.....	16
2.6 Consecuencias de la erosión .....	17
2.7 Métodos mecánicos para controlar la erosión.....	17
2.7.1 Cultivo a nivel.....	18
2.7.2 Terrazas .....	18
2.8 Compactación .....	18
2.8.1 Efectos derivados de la compactación.....	19
2.8.2 Tipos de compactación y causas que la provocan...	19
2.8.3 Métodos más utilizados para contrarrestar la degradación de los suelos por compactación.....	20
2.9. La cuenca hidrológica.....	21
2.9.1 El concepto de cuenca .....	21
2.9.2 La cuenca y los escurrimientos superficiales .....	22
2.9.3 Factores geométricos .....	22
2.9.3.1 Tamaño de la cuenca .....	22
2.9.3.2 Red de drenaje .....	23
2.9.4 Factores físicos del suelo .....	24
2.9.4.1 Cobertura vegetal .....	24
2.9.4.2 Características del suelo .....	24
2.10 Escurrimientos superficiales .....	25
2.10.1 Origen de los escurrimientos .....	25
2.10.2 Concepto de escurrimiento .....	26
2.10.3 Clasificación y su estudio de los escurrimientos ...	26

2.11 Conservación de suelos	27
2.11.1 El campo de la conservación de suelos .....	28
2.11.2 Objetivos de la conservación de suelos .....	29
2.11.3 Métodos de conservación de suelos .....	30
2.11.4 Planeación de la conservación de suelos .....	31
2.11.4.1 Estrategias para la conservación del suelo.	32
2.11.4.2 El nivel de resolución espacial .....	32
2.11.4.3 Limitaciones y uso potencial de la tierra.....	35
2.11.5 La importancia de considerar el factor humano en la conservación del suelo.....	38
2.11.5.1 Sobre la aceptación de recomendaciones de conservación de suelos .....	40
2.11.5.2 El aspecto económico.....	41
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	42
3.1 Ubicación geográfica .....	42
3.2 Recursos naturales .....	43
3.2.1 Clima .....	43
3.2.2 Fisiografía .....	44
3.2.3 Edafología .....	45
3.2.4 Geología .....	47
3.2.5 Hidrología .....	48
3.2.6 Vegetación y uso del suelo .....	51



3.3 Aspectos socioeconómicos .....	53
3.3.1 Demografía .....	53
3.3.1.1 Población total para grupos de edad, Sexo y números de ejidatarios .....	53
3.3.2 Vías de acceso.....	54
3.4 Materiales .....	55
3.5 Metodología .....	56
3.5.1 Planeación espacial .....	56
3.5.2 Planeación a nivel parcela .....	57
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	58
V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN .....	83
VI. BIBLIOGRAFÍA .....	86

## INDICE DE CUADROS

	<b>PAGINA</b>
Cuadro 1. Grupos de suelos por su potencial de escurrimiento.....	25
Cuadro 2. Planeación para actividades de conservación de suelos.....	31
Cuadro 3. Clasificación de la tierra por capacidad de uso.....	36
Cuadro 4. Factores limitantes considerados en la clasificación de tierras Por capacidad de uso.....	36
Cuadro 5. Localización geográfica de la cuenca de Chapula.....	42
Cuadro 6. Población total por sexo en el Ejido de Chapula, municipio de Saltillo, Coahuila.....	53
Cuadro 7. Población por grupos de edad en el ejido de Chapula, Municipio de Saltillo, Coahuila.....	53
Cuadro 8. Población entre rangos de edades educativos en el Ejido de Chapula.....	54
Cuadro 9. Superficie por tipo de suelo en la cuenca de Chapula.....	58
Cuadro 10. Superficie por tipo de formación del suelo en la cuenca de Chapula.....	59
Cuadro 11. Superficie por tipo de vegetación y uso del suelo en la cuenca del Ejido de Chapula.....	59
Cuadro 12. Tipo de vegetación de acuerdo al volumen precipitado y retenido.....	60
Cuadro 13. Volumen de precipitación y retención por tipo de suelo.....	60
Cuadro 14. Volumen precipitado y retenido por características del suelo ...	61
Cuadro 15. Determinación del factor de escurrimiento (E).....	61

Cuadro 16. Cálculo del volumen de escurrimiento.....	62
Cuadro 17. Características de la curva de nivel de la cuenca de Chapula .....	61
Cuadro 18. Determinación del tiempo de concentración de la cuenca de Chapula.....	65
Cuadro 19. Determinación del pH por sitio de muestreo.....	65
Cuadro 20. Clasificación del suelo según el pH.....	65
Cuadro 21. Textura del suelo de la parcela de Chapula .....	66
Cuadro 22. Propuestas de acción con base a la problemática de la cuenca de Chapula .....	71
Cuadro 23. Declives máximos permisibles en los canales de terrazas.....	75
Cuadro 24. Velocidades máximas para canales.....	76
Cuadro 25. Cálculo del periodo de retorno y probabilidad de lluvia en la estación 005145 de San Juan de la vaquería, Saltillo, Coahuila 1980-1998.....	77
Cuadro 26. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning.....	80

## INDICE DE FIGURAS

	<b>PAGINA</b>
Figura 1. Cuenca hidrológica.....	23
Figura 2. Mapa de localización y límite del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila .....	43
Figura 3. Topografía de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.....	45
Figura 4. Edafología de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.....	46
Figura 5. Geología de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila ..	48
Figura 6. Regiones de la cuenca Rio Bravo.....	49
Figura 7. Regiones hidrológicas del estado de Coahuila.....	49
Figura 8. Hidrología de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.....	51
Figura 9. Plano topográfico de la parcela de estudio en el Ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila .....	68
Figura 10. Notaciones y formulas para las secciones transversales de los canales.....	79
Figura 11. Plano de construcción de terrazas de formación sucesiva.....	82

## RESUMEN

Generalmente, la conservación del suelo involucra mucho trabajo con pocos beneficios inmediatos. Pueden pasar muchos años antes de que las medidas eficaces de la conservación del suelo se puedan empezar a apreciar. Rara vez es la conservación del suelo considerada como una prioridad entre agricultores pobres cuya mayor preocupación es la de producir suficientes alimentos para este año y con poco tiempo y energías para pensar en la producción de los próximos años. Sin embargo, si el agricultor no conserva su recurso más valioso - el suelo - el futuro se ve poco prometedor.

La conservación del agua y del suelo es de suma importancia, por tan solo el simple hecho de que la madre tierra es la que nos alimenta y es por tal motivo que se llevo a cabo este trabajo de análisis a nivel espacial y nivel parcela, para reducir la erosión del suelo y aprovechar de una manera eficiente, todos los escurrimientos superficiales que se presentan en la cuenca de chapula y no agotar las reservas subterráneas.

La base que se utilizo para su estudio fue principalmente las cartas de hidrología, topografía, geología, edafología, uso de suelo, y la climática, con número de clave G14C32, G14C33, G14C42 Y G14C43 a escala 1:50,000, con la plataforma de arcview 3.3. Ya que una de las formas mas usuales para la planeación de obras de conservacionistas.

Con los estudios realizados de la cuenca de Chapula se propondrá el plan de manejo mas adecuado y a nivel parcela el diseño de la obra de conservación para el aprovechamiento de las corrientes que llegan en la parcela.

**Palabras Claves:** *Conservación de suelos, erosión, terrazas de formación sucesiva, cuenca hidrológica.*

## I. INTRODUCCIÓN

La razón fundamental de la conservación del suelo es su mantenimiento como recurso permanente utilizable. No es necesario retener cada partícula en su lugar actual, pero la pérdida de suelo debe limitarse a valores que no destruyan su productividad. Esos valores cambian dependiendo el tipo de suelo, según la naturaleza del mismo y la velocidad en que se forma el suelo.

La degradación de los suelos es un problema que atañe a todos, ya que todos utilizamos productos procedentes de él, tales como alimentos, vestidos, albergues y otros. El aumento de la población y el aumento del nivel de vida ocasionan una mayor demanda de estos materiales, lo cual debe traducirse en el buen uso y conservación del suelo y no a la sobre-explotación del mismo.

La producción de alimentos mediante los métodos tradicionales ocasiona serias alteraciones ambientales, como erosión, salinización del suelo, desertificación y muchos otros.

Lograr un cambio en las técnicas de cultivo no es sólo un reto de tipo instrumental o de métodos, sino que significa fundamentalmente un cambio en la manera de ser y de pensar del hombre de nuestro tiempo.

Los lugareños, sin embargo, pueden ver la degradación en una perspectiva totalmente diferente. Por ejemplo, una mujer, cada vez mas ocupada en recoger leña e ir a buscar agua, se preocupará ante la escasez de estos recursos naturales y el agobio de tener que desplazarse largas distancias para conseguirlo. Un pastor de rebaño en la misma aldea tendrá la preocupación de buscar pastos difíciles de conseguir en la estación seca.

Para un agricultor la señal será los daños en el arado producidos por el creciente lecho de piedras en el suelo. Otra persona puede no percibir que la degradación sea un problema a medida que adapta sus prácticas hogareñas a las necesidades de la familia.

Así, hay diferentes perspectivas dentro de los contextos sociales locales, que necesitan ser reflejados en cualquier evaluación de la degradación de la tierra a nivel campo.

En el ejido Chapula, municipio de Saltillo, Coahuila, el problema que presentan los suelos cultivables es que se están erosionando y la otra es en el mal aprovechamiento de las escorrentías generadas por las lluvias.

La principal fuente de ingreso en el ejido proviene del sector agropecuario, practicándose principalmente una agricultura temporal, con una mínima superficie para riego; los principales cultivos en el ejido son: maíz, frijol, trigo y cebada, obteniéndose rendimientos muy bajos.

Se necesita urgentemente hacer obras de conservación de suelos para prevenir estos efectos erosivos y tener un mejor aprovechamiento y manejo del agua de lluvia, para lograr el control más eficiente de la erosión de los suelos, es necesario ubicar áreas o cuencas donde los trabajos de conservación del suelo y agua se realicen en forma integral.

Estos trabajos traerán como resultado un beneficio general para el ejido, que por efectos de la erosión han venido empobreciéndose paulatinamente los suelos, provocando la pérdida de nutrientes y materia orgánica en sedimentos erosionados reduciendo el contenido total de nutrientes en el suelo, afectando los niveles de producción agrícola y como consecuencia creando crisis económicas que originan una despoblación rural y sobrepoblación de las ciudades. Como resultado trae consigo el abandono absoluto de las zonas agrícolas, las cuales, expuestas a los elementos naturales, son destruidas más rápidamente.

## **1.1. Justificación**

Considerando los grandes problemas de erosión y así mismo el mal aprovechamiento del recurso “agua” que se presenta en el ejido de Chapula, municipio de Saltillo, Coahuila, existe la necesidad de analizar datos que incluyan características principales del área como aspectos socioeconómicos, climáticos, características del suelo, etc. De tal forma, que al analizar toda esta información, se integre para proyectar las obras correspondientes de conservación de suelo y agua de manera adecuada al área.

## **1.2. Objetivo**

- ❖ Determinar las características de la cuenca de Chapula como el tipo de vegetación, hidrología, suelo, y topografía para proponer plan de manejos.
- ❖ Definir la obra de conservación mas adecuada para una parcela en el Ejido de Chapula a través de las características del terreno para aprovechar los escurrimientos superficiales.



## **1.3. Aspectos Generales**

### **1.3.1. Antecedentes**

El 97% de los suelos en México tienen algún grado de erosión, por fenómenos como la deforestación, la agricultura intensiva o la urbanización, entre otros (Calderón P. 2009)

La mayoría de los estudios que se han realizado sobre los recursos naturales en el estado de Coahuila adolecen del enfoque de manejo integral es decir, se han hecho sobre componentes específicos del ecosistema que tienen importancia en los aspectos productivos que se relacionan con el bienestar económico y social de los habitantes de las comunidades rurales que hacen uso de estos recursos (INIFAP, 2006).

Aunque existen tecnologías que promueven el mejor aprovechamiento de algunos de los recursos naturales, se hace de manifiesto que los ecosistemas en general presentan síntomas de deterioro muy marcados que afectan el equilibrio que debe de existir para que se conserven dichos recursos como capital económico y físico necesario para el desarrollo humano.

El concepto de manejo integral de cuencas ha sido visualizado en programas de gobierno como Alianza para el Campo que asigna recursos a proyectos que consideren el manejo integral de los recursos tomando como base a la microcuenca como unidad de planeación. Es por esto que es importante que se tenga muy claro dicho concepto, de manera tal que las acciones que se propongan en cada uno de los proyectos, consideren el efecto que sobre todos los componente del sistema traerá su implementación (INIFAP, 2006).

El 7 de Julio de cada año es el Día de la Conservación del Suelo. La instauración de una fecha para fomentar la reflexión y la toma de conciencia acerca de la importancia del estado del suelo es un homenaje a la figura de Hugh Hammond Bennett, pionero en la lucha contra la erosión del terreno y considerado como el padre de la conservación del suelo (Centro de comunicación y pedagogía/ fin ediciones S.L.2008).

A pesar de que el deterioro de la superficie terrestre constituye una problemática cuyos efectos afectan de forma negativa a todo el medio ambiente, es en el ámbito de la agricultura donde se centra buena parte de los esfuerzos para evitar esta degradación. Las malas prácticas agrícolas son las responsables de una sobreexplotación de los terrenos, que deja el suelo en unas condiciones que lo hacen más susceptible y vulnerable a la erosión. En este sentido, una de las aportaciones de Bennett fue la creación del Servicio Nacional de Conservación del Suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, que permitió trabajar para la conservación del suelo a nivel nacional (Centro de comunicación y pedagogía/ fin ediciones S.L,2008).

## **II. REVISION DE LITERATURA**

### **2.1. Desertificación**

#### **2.1.1. Proceso de Desertificación en México**

El suelo se puede definir como el conjunto de cuerpos naturales originados a partir de materiales minerales y orgánicos que contiene materia viva, y que pueden soportar vegetación en forma natural. Cuando un suelo es fértil tiene la capacidad de suministrar a las plantas agua y nutrimentos esenciales para su crecimiento y desarrollo. La fertilidad de suelo que da la capacidad de sostener el crecimiento de las plantas, a menudo se refiere en particular, a la presencia de las cantidades adecuadas de los nutrimentos, pero también comprende su capacidad de satisfacer todas las otras necesidades de las plantas.

La degradación de la cubierta vegetal se refiere a la remoción o destrucción que ésta sufre, principalmente, por la acción del hombre, tal es el caso de la destrucción de vegetación que acompaña el proceso de ganaderización en varias regiones del país. La erosión hídrica se refiere a la remoción del suelo por la acción del agua (Challenger, 1998).

### **2.2. Degradación en los Suelos**

#### **2.2.1. Degradación de los Suelos.**

Se entiende por degradación del suelo cualquier proceso que conduzca a una reducción gradual o acelerada, temporal o permanente, de su capacidad productiva, o al incremento de los costos de producción. La degradación no solo depende de la intervención del hombre, sino del clima y de la naturaleza de los suelos, (Pla, 1989).

Para (Michael Stocking y Niamh Murnaghan, 2003) degradación de la tierra es un termino compuesto, no tiene una única característica identificable, que describe cómo una o mas de los recursos de la tierra (suelo, agua, vegetación, rocas, aire, clima, relieve) ha cambiado a peor. El Cambio puede prevalecer solo durante un escaso tiempo, con el recurso degradado recuperándose rápidamente, o puede ser el precursor de una larga espiral de degradación, causando a largo plazo, un cambio permanente en el estado del recurso.

La FAO (1994), señala que una de las causas principales de la degradación de los suelos en América Latina es, sin dudas, la aplicación de técnicas de labranzas inadecuadas, con el consiguiente deterioro de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, la disminución de los rendimientos agrícolas y, más importante aún, el deterioro del medio ambiente.

### **2.2.2. Formas de Degradación del Suelo.**

La erosión, compactación, salinización y sodificación están entre los procesos de degradación del suelo, que pueden ser, directa o indirectamente, provocados o acelerados a través de la actividad agrícola.

### **2.2.3. Labranza Como Factor Degradación del Suelo.**

La labranza convencional, según Puentes, (1980) y Hernández et al (1980), tiene un efecto ecológico y económico negativo, elevado número de labores, altos gastos de energía y mano de obra y lo más importante, el perjuicio que produce a las propiedades físicas e hidrofísicas del suelo.

El sistema convencional de labranzas invierte el prisma del suelo, resultando que en el medio climático tropical, influyen negativamente en la fertilidad, ya que mezcla el horizonte superficial de mayor reserva natural de nutrientes, con las capas profundas menos fértiles. Además, forma piso de arado, capa compacta subsuperficial que disminuye la capacidad de infiltración del agua y favorece los procesos erosivos, unido al alto costo de los discos y rodamientos que utilizan los arados (Hernández y Hernández 1999).

Según Santana et al. (1999) Entienden por labranza convencional a un sistema altamente agresivo en el cual se utilizan herramientas tradicionales, frecuentemente en un número excesivo de pases sobre el terreno, con implementos que invierten el prisma como arados de rejas, discos y vertederas en la labranza primaria seguida del uso de gradas de discos; con este sistema se dejan pocos residuos en la superficie del suelo.

#### **2.2.4. Efectos Negativos de la Labranza Convencional**

La (FAO, 1994) divide de esta manera los efectos negativos de labranza convencional:

**Físicos:** Formación de costras, compactación general de la capa arable, formación de pisos de arados, mayor susceptibilidad a la erosión, menor infiltración de agua de lluvia, disminución del intercambio gaseoso, problemas de germinación en los cultivos y dificultades del desarrollo radical.

**Biológicos.** Los arados al invertir el prisma de tierra ubican los organismos superficiales en condición menos oxigenada, sucediendo lo contrario con las capas inferiores, al pasar nuevamente estos arados tienden a disminuir la población que viven en el suelo, quizás más importante aún es el encostramiento superficial que reduce la aireación del perfil, perjudicando a los organismos vivos (FAO, 1994).

Los sistemas de labranza para controlar los efectos degradantes del suelo deben evitar o reducir el sellado mediante la protección (cobertura de residuos, vegetación, etc.) y la estabilización (roturación adecuada del suelo superficial en etapas críticas del suelo y desarrollo del cultivo), producir una rugosidad superficial, roturación en terrones grandes y estructuras (camellones en contornos, terrazas de absorción, etc.) que reniegan temporalmente el exceso de agua para facilitar la infiltración o proveer el drenaje superficial para evacuación de los excesos de agua, capaces de provocar escorrentía y erosión.

La FAO, (1994) ha identificado que una de las causas principales de la degradación de tierras, en varias partes del mundo, es la aplicación de técnicas de preparación de tierras y labranza inadecuadas; que conducen a un rápido deterioro físico, químico y biológico de gran proporción de suelo, trayendo como consecuencia un fuerte descenso en la productividad de los cultivos y el deterioro del medio ambiente.

## **2.3. Erosión**

### **2.3.1. Conceptos de Erosión.**

Emerson, (1920); De Castro,(1965); Furnier, (1975) y DNSF, (1979), definen la erosión como el desgaste de la tierra por efecto del viento y del agua. Baver et al. (1972) y Cabrer y García (1976), formulan el concepto de una manera más amplia, al considerar la erosión como el proceso físico que consiste en el desprendimiento y transporte de los materiales del suelo por los agentes de la erosión y del intemperismo.

Por otra parte el (Colegio de Postgraduados, Chapingo, México 1977) Lo define como el proceso relativo al desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo, causados por el agua y el viento.

Viers (1978) y Roose (1981) definen la erosión, considerando no solo el flujo de partículas sólidas arrancadas a la superficie del suelo en t/ha/año, sino también el escurrimiento que constituye el flujo líquido que transporta y a veces arrancan estas partículas. Febles y Miranda(1988), señalan que la erosión no es una entidad, sino un fenómeno concreto, esencialmente discontinuo, cambiante en modalidad y en efectos.

Pla, (1989), señala que la erosión no es más que la pérdida de suelo total o parcial del material del suelo arrastrado por el agua y a veces por el viento y que este efecto es mayor cuando la superficie está roturada, sin cubierta vegetal o con plantas muy poco desarrolladas, en dependencia de la pendiente y de las lluvias. Este autor plantea que los efectos provocados por la erosión pueden ser directos e inmediatos, a mediano y largo plazo.

Duarte y Couso (1994), definen la erosión como el proceso de remoción, desprendimiento y arrastre de las partículas de suelos por el agua o por el viento, provocando muchas veces la disminución irreversible de su capacidad productiva.

### **2.3.2. Erosión de Suelos a Nivel Mundial**

La erosión del suelo es un problema severo ya que más del 80.5% (106, 440,000 km<sup>2</sup>) de la superficie del planeta presenta este fenómeno, originado tanto por causas naturales como antropogénicas (FAO, 1984; IRM, 1993). A largo plazo resulta ser un problema ambiental serio en muchas partes del mundo pues se estima que para el año 2010 alrededor de 140 millones de hectáreas de suelo de buena calidad serán degradadas principalmente en países de África y Asia. En el caso de México y Centroamérica se calcula que en los últimos 45 años se han alterado casi 61 millones de hectáreas. Debido a lo anterior es posible considerar a la erosión como un importante problema social, económico y factor determinante en el deterioro de los ecosistemas terrestres.

En síntesis, es un proceso interactivo entre los factores del ambiente y las actividades antrópicas. Sus efectos directos inciden en la pérdida de retención de agua en el suelo y la disminución de la productividad de los procesos agrícolas; mientras los indirectos incluyen la acumulación de sedimentos en ríos, lagos o humedales, deteriorando su calidad (Maass, 1998 y Chmelová y Sarapatka 2002).

La erosión también se hace evidente en los países de Europa por los efectos negativos directos sobre sus economías, elevándose sus costos de producción (Crosson, 2003 y Eaton, 1996). En Norteamérica, a pesar de las constantes prácticas en el mejoramiento y conservación del suelo, son evidentes las pérdidas desde los años ochenta (CCE, 2002).

El suelo fértil es la base del crecimiento vegetal y la producción de alimentos. Sin embargo, en todo el mundo la erosión degrada los suelos, los pastizales se convierten en desiertos y las tierras de regadío se vuelven demasiado salinas para los cultivos. Actualmente, el suelo tiene una elevada tasa de degradación. Entre los factores responsables se encuentran el crecimiento poblacional, la deforestación, el uso de las tierras de poca aptitud agrícola y el mal manejo de los recursos naturales.

Según investigaciones, aproximadamente las dos terceras partes de la tierra de cultivo han sido parcial o totalmente destruidas por la erosión o por el agotamiento del suelo causado por el hombre (Turk y Amos, 1973).

En todo el mundo la erosión, la formación de sales en la tierra y otros problemas vienen degradando los suelos agrícolas de una manera que socavarán mucho la productividad en el futuro. Durante los últimos cuarenta años, un tercio de las tierras de labranza del mundo (1,500 millones de hectáreas) han sido abandonadas por semejante degradación. Los alimentos del mundo provienen del 90% de los sistemas agrícolas basados en las tierras de cultivo, y este porcentaje crece conforme se agota la pesca y los ecosistemas oceánicos naturales. Proteger y nutrir las tierras de cultivo, es la piedra angular de la producción de alimentos.



### **2.3.3. Erosión de Suelos en México**

En cuanto a las estimaciones de la erosión del suelo en la República Mexicana podemos mencionar que hacia el año de 1945 la erosión ya alcanzaba el 45% de su superficie total; en tanto que en 1965, la cantidad estimada era de 69% con distintos grados de erosión y para 1986 se podría estimar entre un 81% o incluso hasta 98%, como consecuencia del uso desmedido de los recursos naturales, así como la aplicación de políticas públicas equivocadas sobre el uso del suelo (INEGI, 1999). Sin embargo, una estimación reciente sobre esta problemática establece que el territorio mexicano presenta una erosión crítica de casi 73.34% (143.69 millones de ha), de la cual la erosión hídrica sólo representa 36.98% desde la remoción de la capa superficial del suelo, la formación de cárcavas hasta la sedimentación (Nieves et al., 2001).

En la región sureste de este estado, se puede considerar que la erosión de los suelos es el problema más importante y es consecuencia de muchos otros problemas, entre los que sobresalen la susceptibilidad física por las condiciones agroclimáticas que caracterizan a la región, el manejo inadecuado de los suelos para siembras agrícolas, el sobrepastoreo de los agostaderos y la deforestación por el uso irracional de los bosques (Martínez B., O. U. 2006).

## **2.4. Mecanismo de la Erosión**

La erosión no sólo hace improductivas grandes extensiones de suelo, sino que provoca considerables daños ambientales y se ha convertido en la causa principal de contaminación (Pérez, 1984). La erosión hídrica es el proceso erosivo determinado por la acción del agua sobre el suelo y comprende la acción de dos agentes: la lluvia y la escorrentía.

### 2.4.1. Agentes de la Erosión

**Agua.** Es el agente de la erosión más importante, ya que la acción de las gotas de lluvia al hacer impacto sobre la superficie del suelo y al sobrevenir el escurrimiento superficial, producen grandes pérdidas de suelo. Una característica importante de la erosión del suelo por agua es la eliminación selectiva de las fracciones más finas y fértiles del suelo (Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1977)

Cuando la erosión es causada por el agua, se denomina “**erosión hídrica**”.

La definición clásica del proceso de erosión hídrica considera ésta como: el complejo proceso de separación y transporte de las partículas del suelo pendiente abajo, por la acción de las gotas de lluvias y la escorrentía (Bennett, 1939; Ellison , 1947 y Wischneir y Smith, 1962).

**Viento.** Es un agente climático que según su intensidad, produce también erosión y afecta la formación de los suelos a través del desprendimiento, transporte, deposición y mezclado de suelo.

Cuando la pérdida del suelo es causada por el viento, se denomina “**erosión eólica**”. Esta suele ser una erosión de tipo laminar, donde el suelo se elimina en finas capas, pero algunas veces el efecto del viento puede labrar huecos y otros rasgos. La erosión tiene lugar con más facilidad en partículas de arena de tamaño medio (Colegio de Postgraduados, Chapingo, México, 1977).

Según Riverol et al. (1990) Se denominan tierra con erosión potencial a aquellas donde la combinación de los factores naturales condicionan la posibilidad de que surja una erosión acelerada durante la utilización agrícola de estos, sin aplicar medidas antierosivas necesarias y suelos que han sido roturados y tienen pendientes mayor de 0.5% están propenso a la erosión (CNSF, 1979).

## 2.4.2. Factores Físicos que Influyen en la Erosión Hídrica

Los factores básicos que influyen en la magnitud de la erosión hídrica son la topografía, el clima, el suelo y la vegetación.

**Topografía.** Entre las expresiones topográficas que influyen en la erosión están el grado y longitud de la pendiente y las dimensiones en la forma de la cuenca (Montes de Oca, 1996).

**Clima.** Entre los factores climáticos que influyen en la intensidad de la erosión hídrica están las precipitaciones, la temperatura, el viento, la humedad, y la relación solar. La relación entre las precipitaciones, la escorrentía y las pérdidas de suelos son muy complejas. La lluvia es el factor climático más importante con relación a la erosión de los suelos., así en dos regiones puede caer la misma cantidad de lluvia en el año, sin que ello signifique que las situaciones son semejantes; en un sitio el total puede estar formado por lloviznas aisladas y en el otro pueden haber caído dos o tres aguaceros fuertes por lo que en este último pueden esperarse daños severos por la erosión. De la intensidad del aguacero dependerá en gran medida la capacidad erosiva del flujo líquido que se desplaza sobre la superficie del terreno, (De Castro, 1965).

**Suelos.** Las propiedades del suelo que mayor efecto tienen sobre el valor de la erosión hídrica son: Estructura, textura, contenido de MO, humedad y densidad, además de sus características químicas y biológicas, pero hasta el presente no se ha podido encontrar una de ellas que, aisladamente, proporcione un medio preciso para predecir la erosión (Pla,1989).

**Vegetación.** Es un factor primordial de la conservación de los suelos. Toda planta defiende al suelo de la acción perjudicial de las lluvias, aunque en forma y proporciones diferentes, **(De Castro, 1965; Fournier, 1975)**. Los principales efectos de la vegetación relacionados con la protección del suelo son: Intercepta las gotas de lluvia y reduce la escorrentía, retarda la erosión al disminuir la velocidad de la escorrentía, mejora la agregación y porosidad del suelo, aumenta la actividad biológica y la capacidad de almacenaje de agua del suelo.

## 2.5. Tipos de Erosión

- **Erosión laminar.** Es la remoción que hace el agua de manera más o menos uniforme de una capa o lamina delgada de suelo en superficie en pendiente.
- **Erosión en surcos o pequeños cauces.** Es la remoción del suelo por la corriente de agua que se acumula y se concentra en las depresiones o surcos.

El desprendimiento y acarreo de suelo es mayor en la erosión en surco que en la erosión laminar, ello se debe a la mayor velocidad del agua en movimiento cuando se concentra y desplaza en surcos. En la erosión en surco el desprendimiento se origina principalmente por la energía del flujo de agua y no por el choque de las gotas de la lluvia, como ocurre en la erosión laminar.

- **Erosión en cárcavas.** Es un tipo de erosión que produce canales mayores que los producidos durante la erosión por surcos, a tal grado, que no pueden eliminarse con el laboreo. Casi siempre se derivan de los primitivos surcos que no han sido borrados por las labores, también puede formarse a partir de las huellas de los tractores u otras máquinas, trillos hechos por el paso del ganado o senderos practicados en las pendientes.

## **2.6. Consecuencias de la Erosión**

La erosión disminuye la fertilidad del suelo al perderse con el agua los nutrientes esenciales para los cultivos y; provoca además otro problema de gran envergadura, la sedimentación (suelos desplazados del lugar original y depositado en otro). En general los suelos sometidos a los procesos erosivos tienen grandes pérdidas de nutrientes y de elementos vitales para las plantas, y de hecho decrecen los rendimientos de los cultivos económicos.

Es un hecho que el deterioro actual del ambiente físico y la baja productividad de los sistemas agropecuarios y forestales, son producto de la falta de planeación integrada y eficaz que involucre todos los aspectos del medio físico y cuya finalidad principal sea aprovechar los recursos naturales renovables en función de su capacidad de uso, para lo cual deberá ser necesario el conocimiento detallado del estado actual de los sistemas a fin de proponer medidas racionales de explotación que involucren alternativas de regeneración, conservación y eficientización a corto, mediano y largo plazo.

## **2.7. Métodos Mecánicos para Controlar la Erosión**

Se utilizan los métodos mecánicos para controlar el movimiento del agua y del viento sobre la superficie del suelo. Se dispone de diferentes métodos y la decisión de adoptar unos u otros depende de si el objetivo es reducir la velocidad de la escorrentía o del viento, aumentar la capacidad de almacenamiento de agua en la superficie del suelo o evacuar con seguridad los excesos de agua. Los métodos mecánicos que se utilizan son: Cultivo a nivel, terrazas, Canales, estructuras para estabilización, corta vientos y geotextiles, normalmente, complementados con medidas agronómicas (Morgan, 1997).

### **2.7.1. Cultivo a Nivel**

Labrando, sembrando y llevando el cultivo a nivel se pueden reducir las pérdidas de suelo de los terrenos en pendiente, si se compara con las que se producen con el cultivo siguiendo las líneas de pendiente. La eficiencia del cultivo a nivel varía con la longitud y pendiente del terreno. Es inadecuado cuando se utiliza como método único para longitudes superiores a 180 m y pendientes mayores de 1°. La longitud admisible disminuye a medida que aumenta la pendiente, llegando hasta 30 m para 5.5° y 20 m para 8.5°. Aún más, la técnica es sólo efectiva durante tormentas de baja intensidad. La protección frente a tormentas mas intensas se mejora complementando el cultivo a nivel en fajas (Morgan, 1997).

### **2.7.2. Terrazas**

Las terrazas son taludes de tierra construidos transversalmente a la dirección de la pendiente para interceptar la escorrentía superficial y transportarla, con velocidad no erosiva, hacia una salida adecuada, y para acortar la longitud de la pendiente. De esta forma, realizan una función similar a la de los cordones a nivel. Difieren estos en ser más anchas y estar diseñadas bajo especificaciones más exigentes. Es necesario tomar decisiones sobre el espaciamiento y la longitud de las terrazas, la localización de los desagües, la pendiente y dimensiones de los canales de drenaje y el diseño del sistema de terrazas (Morgan, 1997).

## **2.8. Compactación**

La compactación es la degradación del suelo provocada por las labores mecánicas de cultivo y tráfico de maquinaria, la cual es un aumento de la densidad, bien en la superficie o más comúnmente a la profundidad de las repetidas labores de cultivo, (Pla,1989).

Henin et al (1960) consideran que la compactación es el proceso de degradación de la estructura donde pueden formarse terrones densos que se sueldan para constituir capas compactas en el interior del suelo o en superficie.

Para Manichon, (1982) la compactación es la formación de estructuras masivas de los materiales del suelo sean en parte o en el conjunto del perfil.

### **2.8.1. Efectos Derivados de la Compactación.**

De este proceso se derivan deficiencias en el drenaje superficial que provocan encharcamiento prolongado en áreas planas e incrementos en la escorrentía del agua y, erosión en tierras con pendiente. Así como fallas en la germinación cuando se desarrolla la compactación a la profundidad de arar, donde se forman pisos de arados, generalmente se presentan deficiencias en el drenaje interno que impiden una rápida eliminación de los excesos de humedad, escaso desarrollo radicular y poco profundo.

### **2.8.2. Tipos de Compactación y Causas que la Provocan**

Según (Jongerijs, 1970) compactación se divide en:

**1. Pedogénica o Natural:** Es provocada por saturación temporal, cambios de humedad en suelos arcillosos, desecamiento del perfil, lixiviación de partículas finas y transformación de óxidos.

**2. Antrópica o Artificial:** Es la compactación producida por el peso y fuerza excesiva de los equipos y maquinaria, vibración de los equipos, manejo del cultivo, intensidad del suelo agrícola, uso inadecuado del riego y elevado coeficiente de pérdida de materia orgánica.

Entre las manifestaciones más frecuentes producida por la compactación están: sellado y costra superficial, encharcamiento temporal; agrietamiento del suelo; terrones grandes, masivos y duros; incremento de la densidad aparente; formación de piso de labor y horizontes masivos y la pérdida del espacio poroso.

### **2.8.3. Métodos más Utilizados para Contrarrestar la Degradación de los Suelos por Compactación.**

Según (Pla, 1989) los métodos más usados son:

- Realización de las operaciones mecánicas en el momento adecuado.
- Reducción del número de labores mecánicas.
- Sistema de labranza adecuado: labranza reducida, labranza mínima y labranza cero.
- Uso de aperos de labranza adecuados.
- Rotación eficiente de cultivos: uso de abonos verdes y combinación de especies con hábitos diferentes.
- Uso adecuado de las estaciones climáticas.
- Uso de cultivo asociados.
- Elección adecuada de técnicas de riego.
- Manejo de residuo cosechas en superficies.



## 2.9. La Cuenca Hidrológica

Así como el ciclo hidrológico es el concepto fundamental de la hidrología, la cuenca hidrológica es su unidad básica de estudio.

### 2.9.1. El Concepto de Cuenca

Una cuenca es una zona de la superficie terrestre cuyos escurrimientos drenan hacia un mismo punto de salida (SARH, 1977). Si exclusivamente se considera a los escurrimientos superficiales, la cuenca se denomina “hidrográfica”, e “hidrológica” si incluye también a los subterráneos.

Una cuenca hidrográfica está delimitada por los puntos de mayor elevación altitudinal sobre el terreno, y a la unión de los mismos se le llama **parteaguas**. El parteaguas dirige los escurrimientos hacia un mismo punto de salida a través de la red de drenaje, cuyas aguas pueden formar desde pequeñas corrientes hasta grandes ríos. El parteaguas es un lindero real que, para fines prácticos, se cierra artificialmente cruzando las o las corrientes en los puntos de salida, donde se instala la estación de aforo y/o se desea construir una obra de captación. Con la ubicación del parteaguas, la cuenca puede ser delimitada sobre el terreno, en un mapa topográfico o sobre fotografías aéreas (Becerra, 2005).

Desde el punto de vista de su salida, existe fundamentalmente dos tipos de cuencas: endorreicas y exorreicas.

En las primeras el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca (cuencas cerradas) y generalmente constituyen un lago; en las exorreicas, el punto de salida se encuentra en los límites de menor altitud de la cuenca, y su cauce desemboca en otra corriente o en el mar (Becerra, 2005).

## **2.9.2. La Cuenca y los Escurrimientos Superficiales**

Algunas características de la cuenca que influyen en los escurrimientos superficiales se pueden agrupar en: a) factores geométricos de la cuenca como son su tamaño, forma y pendiente, y b) factores físicos de la superficie del terreno como son las características del suelo, la capacidad de almacenamiento superficial, la cubierta vegetal, el uso de la tierra, y otros (Becerra, 2005).

## **2.9.3. Factores Geométricos**

Entre los principales factores geométricos de la cuenca desde el punto de vista de la hidrología se tiene: forma, tamaño, pendiente, red de drenaje y tiempo de concentración.

### **2.9.3.1. Tamaño de la cuenca**

El área o tamaño de la cuenca se define como la superficie, en proyección horizontal, delimitada por el parteaguas. Esta influye en proporción directa sobre la magnitud del escurrimiento que se puede generar en esa cuenca, a igualdad de los demás factores; es decir, a mayor tamaño de la cuenca, mayor volumen de escurrimiento. Su determinación cuantitativa se puede realizar por métodos directos o indirectos, siendo en muchos casos utilizar los indirectos por razones de rapidez y economía. Los principales métodos indirectos para determinar el área de una cuenca son los de: a) transectos, b) malla de puntos, c) planímetro, d) de pesada y e) electrónico. Todos ellos requieren disponer de un plano topográfico o de fotografías aéreas si se realizan los correspondientes ajustes, y los resultados se expresan en kilómetros cuadrados o hectáreas (Becerra, 2005).

### 2.9.3.2. Red de drenaje

La corriente principal de una cuenca es la corriente que pasa por la salida de la misma. Esta definición se aplica solamente a las cuencas exorreicas. Las demás corrientes de una cuenca de este tipo se denominan corrientes tributarias. Todo punto de cualquier corriente tiene una cuenca de aportación, toda cuenca tiene una y solo una corriente principal. Las cuencas correspondientes a las corrientes tributarias o a los puntos de salida se llaman cuencas tributarias o subcuencas.

Entre mas corrientes tributarias tenga una cuenca, es decir, entre mayor sea el grado de bifurcación de su sistema de drenaje, mas rápida será su respuesta a la precipitación. Por ello, se han propuesto un cierto número de indicadores de dicho grado de bifurcación, algunos de los cuales son los siguientes:

El orden de corrientes se determina como se muestra en la figura 1. Una corriente de orden uno es un tributario sin ramificaciones, una de orden 2 tiene solo tributarios de primer orden, etc. Dos corrientes de orden 1 forman una de orden 2, dos corrientes de orden 3 forman una de orden 4, etc., pero por ejemplo, una corriente de orden 2 y una de orden 3 forman otra de orden 3. El orden de una cuenca es el mismo que el de la corriente principal en su salida (Aparicio, 1987).

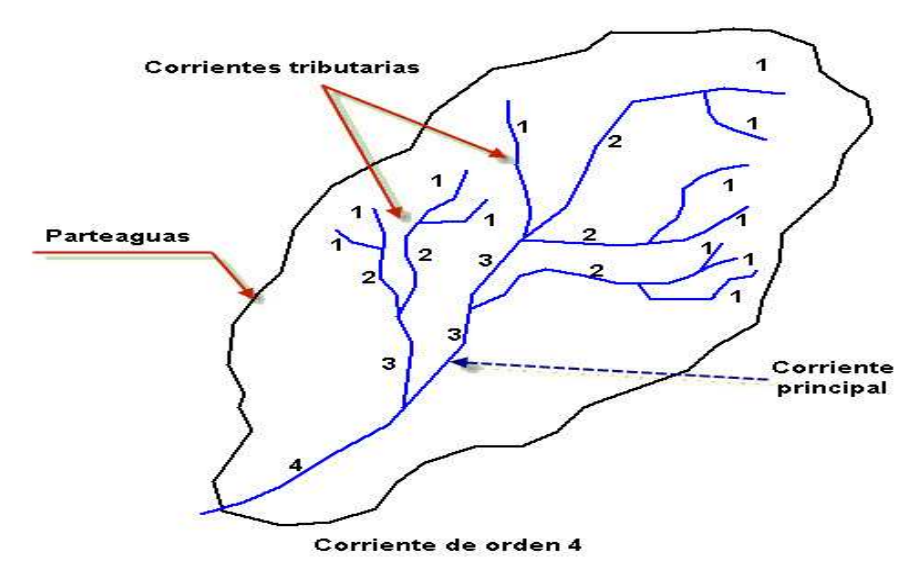


Figura 1. Cuenca hidrológica

#### **2.9.4. Factores Físicos del Suelo**

Los factores físicos de la superficie del terreno incluyen a todos aquellos que definen la rugosidad de la superficie y las condiciones para infiltración, éntrelos cuales sobresalen la cobertura de vegetación y el suelo (Becerra, 2005).

##### **2.9.4.1. Cobertura vegetal**

La cobertura vegetal es un factor importante en el control de la escorrentía, a cuya magnitud afecta en una relación inversamente proporcional. En efecto, la vegetación amortigua el impacto de le lluvia sobre el suelo, y esto, además de reducir el efecto erosivo por el impacto de la lluvia favorece la infiltración del agua y reduce la magnitud de la escorrentía. Por otro lado, los residuos vegetales sobre el terreno, los tallos y follaje herbáceo constituyen un obstáculo físico que reduce la velocidad del escurrimiento y su capacidad erosiva (Becerra, 2005).

##### **2.9.4.2. Características del suelo**

El suelo es un sistema heterogéneo, polifásico y dinámico, componente básico de los ecosistemas, y cuyas características pueden ser determinadas en la magnitud y/o modalidad de los escurrimientos superficiales. Algunas de las características del suelo que mas se relacionan con las escorrentías son: la estructura, la textura y el contenido de materia orgánica; las cuales a su vez se expresan a través de fenómenos como la velocidad de infiltración, la permeabilidad y el drenaje interno del suelo entre otros (Becerra, 2005).

Cuadro 1. Grupos de suelos por su potencial de escurrimiento.

Grupo	Potencial de escurrimiento	Velocidad de infiltración	Textura	Drenaje	Permeabilidad
1	Bajo	Alta	Gruesa	Bueno	Alta
2	Mod* bajo	Mod.-alta	Gruesa-Medias	Moderado	Moderada
3	Mod. Alto	Mod.-baja	Medias-finas	Mod.-lento	Moderada
4	Alto	Baja	Arcillas expandibles	Lento	Lenta

\*mod. = moderadamente (Fuente: adaptado de SARH, 1977).

## 2.10. Escurrimientos Superficiales

### 2.10.1. Origen de los Escurrimientos Superficiales

El escurrimiento superficial es la fracción de la lluvia que llega a la superficie terrestre y fluye en terrenos con pendiente, hacia los ríos, lagos u océano. La proporción del agua de lluvia que sigue este destino varía en un rango amplio, dependiendo de diversas características de la lluvia y del terreno, pero en términos generales se pueden establecer dos situaciones básicas:

- a) Cuando la intensidad de la precipitación es menor que la velocidad de infiltración del suelo, el escurrimiento superficial será prácticamente nulo, pues el agua que no sea interceptada por la cobertura vegetal se infiltrará enseguida, al menos hasta el punto donde la capacidad del suelo sea saturada, en cuyo caso la precipitación subsecuente formará escurrimiento.
- b) Cuando la intensidad de la precipitación es mayor que la velocidad de infiltración del suelo, éste infiltrará sólo parte del agua precipitada, y el excedente quedará sobre el terreno como encharcamiento o fluirá como escorrentía.

### **2.10.2. Concepto de Escurrimiento**

En hidrología, el concepto de escurrimiento se aplica a “el agua proveniente de la precipitación que circula sobre o bajo de la superficie terrestre y que llega a una corriente para finalmente ser drenada hasta la salida de la cuenca” (Aparicio, 1994); de éste, se llama escurrimiento superficial a “la fracción de la precipitación que fluye sobre la superficie terrestre hacia los ríos, lagos u océano” (SARH, 1977).

### **2.10.3. Clasificación y su Estudio de los Escurrimientos**

Para su estudio los escurrimientos han sido clasificados en: superficial, subsuperficial y subterráneo. El primero de estos está constituido por el flujo sobre el terreno y las corrientes en cauce; el segundo consta del agua de precipitación que se infiltra y escurre pendiente abajo dentro del suelo, cerca de la superficie; y finalmente, el escurrimiento subterráneo es la parte del agua que se infiltra hasta una profundidad inferior al nivel freático. Aunque relativamente arbitraria, esta clasificación es útil para estudiar el fenómeno escorrentía.

De los tres tipos de escurrimientos mencionados, el superficial es el que llega más rápido hasta la salida de la cuenca, por estar relacionado directamente con una tormenta particular; por ello se dice que proviene de la precipitación efectiva o exceso de la precipitación, constituyendo el escurrimiento directo. Comparado con el anterior, el escurrimiento subterráneo fluye con lentitud; es el que alimenta a las corrientes cuando no hay lluvias, y forma el escurrimiento subsuperficial es difícil distinguir de los otros dos, generalmente se le considera como parte de alguno de ellos.

En superficies naturales, el escurrimiento superficial o escorrentía ocurre (siempre y cuando exista desnivel del terreno) cuando hay excedentes de agua sobre la superficie y dependiendo de los diversos factores involucrados en cada caso, puede alcanzar magnitudes desde aproximadamente una décima parte hasta un 90% del total de agua precipitada.

Los escurrimientos superficiales son estudiados principalmente con el fin de generar información para el diseño de obras de almacenamiento de agua, vertedores de demasías y obras de conservación de suelo, entre otras obras. En el primer caso, interesa sobre todo cuantificar el escurrimiento medio anual, mientras en los demás se requiere conocer el escurrimiento máximo instantáneo, considerando en ambos casos la frecuencia con que se presentan los eventos máximos según los registros estadísticos disponibles (Antonio B. Moreno, 1996).

El escurrimiento subsuperficial puede ser casi tan rápido como el superficial o casi tan lento como el subterráneo, dependiendo de la permeabilidad de los estratos superiores del suelo; por ello es difícil distinguirlos de los otros dos. Cuando es relativamente rápido se le trata junto con el escurrimiento superficial, y cuando es relativamente lento se le considera parte del subterráneo (Aparicio, 1987).

## **2.11. Conservación de Suelos**

La conservación de suelos como ciencia es relativamente joven. Al respecto algunos autores toman como punto de referencia para ellos los trabajos desarrollados por Wollny en Alemania en la década de 1880. Sin embargo, el mayor impulso a este conocimiento científico se dio a partir del primer cuarto del presente siglo, en los Estados Unidos, con el establecimiento de una red de estaciones experimentales sobre conservación de suelos, y el posterior desarrollo de la ecuación universal de pérdida de suelo. Entre los diversos investigadores en este campo, han sobresalido, entre otros, Bennett y Wischmeier.

No obstante la reciente de este desarrollo de conocimientos científicos, como conocimiento empírico la conservación de suelos se remonta a varios milenios de antigüedad; incluso (Stallings, 1997) opina que la lucha del hombre contra la erosión es tan antigua como la agricultura misma. Existen vestigios de obras de conservación de suelos en diversas

partes del mundo; por ejemplo, en México aún se pueden observar algunas terrazas de banco construidas en tiempos de Netzahualcóyotl (siglo XV d.C.) en las laderas del cerro de Tezcutzingo, a pocos kilómetros de la ciudad de Texcoco.

El uso intensivo de los recursos de la tierra para obtener creciente población humana (hoy casi 6,000 millones de individuos) no se puede evitar, por el contrario, cada vez se requerirá una mayor cantidad de alimentos; ante esto, el gran reto es que aun con esa mayor producción, es necesario y cada vez mas urgente utilizar los suelos sobre una base de sustentabilidad, de manera tal que las tierras sigan siendo productivas aún dentro de muchos años, ante este reto, debemos tomar conciencia de que somos responsables del mundo que heredaremos a las generaciones futuras (Antonio B. Moreno, 1999).

### **2.11.1. El campo de la Conservación de Suelos**

La conservación de suelos ha sido definida como “la ciencia de mantener y/o aumentar la productividad de los terrenos mediante practicas mecánicas, vegetativas y agronómicas, que deben ser aplicadas de acuerdo con las características particulares de cada tipo de terreno (Torres, 1984). Como se puede inferir de esta definición, el campo de la conservación de suelos es muy amplio, pudiendo incluir todas las prácticas para combatir los diversos procesos de degradación de la tierra, como serían por ejemplo la silvicultura, el control de la contaminación, la recuperación de suelos ensalitrados, y otros. Asimismo, se puede inferir la importancia que tiene la conservación de suelos para posibilitar el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, y por lo tanto para la sobrevivencia misma de la humanidad.



No obstante la definición anterior, convencionalmente se ha restringido el campo de la conservación de suelos casi exclusivamente a la prevención y control de la erosión, entre otras razones por ser este el proceso de deterioro de tierras más importante, dejando los demás procesos de deterioro como tema para otros campos específicos de la ciencia del suelo (Antonio B. Moreno, 2005).

### **2.11.2. Objetivos de la Conservación de Suelos**

Según Morgan (1986), el objetivo principal de la conservación de suelos es obtener el máximo nivel de producción sostenido de un área de terreno dada, manteniendo las pérdidas de suelo por debajo de un nivel umbral, el cual teóricamente permite equilibrar la tasa de erosión con la tasa de formación de suelo.

Otros objetivos adicionales de la conservación de suelos pueden ser:

- a) Controlar la pérdida de nutrientes de las tierras agrícolas para reducir la contaminación de los cuerpos de agua.
- b) Reducir el aporte de sedimentos a lagos, presas, ríos, canales, etc., y
- c) Reducir el daño causado a cultivos por los materiales transportados por el viento y el agua.

Finalmente, un objetivo de la conservación de suelos en el largo plazo, sería prevenir el deterioro de los terrenos a un nivel tal que limitara gravemente las opciones futuras del uso de la tierra; esto es una premisa necesaria para hacer posible el desarrollo sostenible de la humanidad en el planeta.

### 2.11.3. Métodos de Conservación de Suelos.

Existe una gran variedad de métodos para el control de la erosión hídrica, ellos se agrupan en 3 categorías fundamentales (Pérez, 1984):

- **Métodos culturales:** Son aquellos donde intervienen ciertos aperos de labranza para dar una disposición determinada a la capa arable entre ellos.
- Siembra con labranza mínima: Como el nombre lo indica la preparación del terreno se realiza con el mínimo de alteración de estructura del suelo.

**El laboreo mínimo** es un sistema agrotécnico con el cual se disminuye la cantidad de pases de máquina sobre el campo, disminuyendo la compactación del suelo y la destrucción de la estructura, es un método ampliamente utilizado en el mundo para la conservación de los suelos contra la erosión hídrica, además de favorecer la conservación de la humedad (Rodríguez, 1986).

**La labranza conservacionista** contribuye a evitar la compactación a la que son propensos los suelos, lo que pudiera ser desastroso, ya que el deterioro físico debido a la compactación puede según Altieri (1996) reducir el potencial productivo de los mismos, además de disminuir las pérdidas por erosión.

La labranza mínima o de conservación disminuye las pérdidas de suelo por la erosión así lo demostraron Johanson (1979); Klinski (1980); Blair (1982); Ellery (1982). En Cuba varios investigadores han demostrado el carácter antierosivo y conservador de este tipo de labranza entre los que se puede señalar a Bouza et al (1981); Porra y Otero, (1984); Cancio et al (1990); Riverol et al (1990 y 1995) y Cabrera et al (1996).

En Pinar del Río se encontró, además, un efecto antierosivo y conservador del suelo con la utilización del tiller y el multiarado (Porras et al 1989 y Otero et al 1996).

Delgado (1993) señaló que la labranza mínima, la subsolación, los surcos en contorno y, los canales recubiertos de vegetación pueden reducir la erosión hasta el 90 %.

#### 2.11.4. Planeación de la Conservación de Suelos

De una manera general, la planeación o planificación ha sido definida como el “establecimiento de programas detallados para el buen desarrollo de una actividad” (diccionario Larousse usual, 1978). Ahora bien, la planificación de cualquier acción comprende la fijación de un objetivo, la selección de una estrategia y la determinación detallada de las tácticas. Estas actividades constituyen niveles de la planificación, y en cada uno habrá que elegir entre varias posibilidades. Por lo tanto para que la planificación sea eficaz, se requiere primero determinar todas las opciones posibles en cada fase y elegir la mas adecuada.

Para cada uno de los niveles mencionados hay un tipo de preguntas que responder, y productos esperados de las respuestas a dichas preguntas. Tales serian, de acuerdo con (Halty-Carrére, 1986), citado por (parra et al, 1994), los siguientes:

Cuadro 2. Planeación para actividades de conservación de suelos.

<b>Nivel</b>	<b>Responde a las preguntas</b>	<b>Para obtener</b>
<b>Política</b>	<b>¿Por qué? ¿para qué?</b>	<b>Objetivos y guías globales</b>
<b>Estrategia</b>	<b>¿Cómo? ¿Dónde? ¿Cuándo?</b>	<b>Opciones y prioridades</b>
<b>táctica</b>	<b>¿Qué? ¿Cuál?</b>	<b>Ejecución de las opciones</b>

Hablando de conservación de suelos, comúnmente los diferentes niveles de planificación son responsabilidad de diferentes actores de la misma; por ejemplo en México, la política es responsabilidad de los titulares de puestos de decisión en las dependencias oficiales; las estrategias son propuestas por los técnicos especialistas en el tema, y finalmente las tácticas corresponden al personal operativo que ejecuta las obras. En este escrito nos ubicamos en el nivel de “estrategias”, por ser el nivel de acción profesional que generalmente corresponde a los agrónomos, aunque algunos se desarrollarán también en los niveles de política y operación.

#### **2.11.4.1. Estrategias para la conservación del suelo**

La estrategia constituye una fase importante en cualquier proceso de planeación, y se ocupa de definir la orientación general, las prioridades y las secuencia de acciones a alcanzar los objetivos precisos.

De acuerdo con (Morgan, 1984) una buena estrategia para conservación de suelos debe cubrir adecuadamente los siguientes aspectos:

- a) Selección del nivel de resolución espacial;
- b) Identificación de los factores mas importantes que influyen en la erosión a la escala considerada;
- c) Determinación de valores máximos permisibles de pérdida de suelos;
- d) Determinación de las técnicas más adecuadas para influir en los factores causales de la erosión.

#### **2.11.4.2. El nivel de resolución espacial**

En relación con el nivel de resolución espacial, (Morgan, 1984) sugiere diferenciar tres niveles: nacional, regional y parcelario; para cada uno de ellos la estrategia y los propósitos pueden variar como se discute a continuación.

### **a) Nivel nacional.**

En este nivel lo más común es realizar inventarios para identificar las principales regiones como tendencia a la erosión, los cuales son bases para formular una política de acción gubernamental, como podría ser: hacer eficiente la inversión, legislación, creación y/o apoyo a instituciones para investigación y/o extensión, etc.

### **b) Nivel regional.**

Las acciones en el nivel regional comprenden fundamentalmente la evaluación y clasificación de tierras, con el fin de seleccionar un sistema de uso adecuado para cada clase de terreno considerando sus cualidades y limitaciones. Cuando sea necesario, implica también diseño de medidas de conservación, como las practicas mecánicas para interrumpir o reducir la escorrentía, cinturones de protección contra el viento, etc.

### **c) Nivel parcelario.**

A este nivel, la estrategia adecuada depende en gran medida de mantener la protección que proporciona al suelo de cobertura vegetal, por lo que implica sobre todo establecer prácticas vegetativas y agronómicas, tales como rotaciones, intercultivos, subcultivos en frutales y otros. Al seleccionar las plantas para cobertura hay que procurar que sus requerimientos se ajusten con las condiciones ambientales, a fin en lo que posible reúnan las características siguientes: establecimiento oportuno, crecimiento rápido y además tenga un valor económico para el usuario de la tierra.

Una vez identificado el nivel de resolución espacial, hay que diseñar las estrategias apropiadas para el mismo. En el caso de nivel nacional, generalmente los objetivos y recursos asignados definen en buena medida los procedimientos a seguir, los cuales comúnmente suelen estar basados en estudios cartográficos y de fotointerpretación, más que en determinaciones directas de campo.

En los estudios regionales y locales, previo al establecimiento de prácticas de conservación del suelo, hay que planear el manejo adecuado de los terrenos, y para ello se requiere determinar:

- a) Las circunstancias del uso actual del terreno
- b) Los factores que restringen su uso
- c) Su clasificación de uso potencial

En cuanto al primer inciso, se requiere contar con los planos de uso actual. En México, las cartas de INEGI son una herramienta importante a considerar a este fin, incluso básicas para los estudios a nivel regional; sin embargo para estudio de mayor detalle, aunque se utilicen estas cartas como marco de referencia, puede ser necesario elaborar planos a una escala mayor para la zona particular de interés. Para ello se recomienda el uso de fotografías aéreas, y se dispone de ortofotomapas.

Cabe señalar además de los planos y/o fotografías aéreas la ubicación física de las áreas con diferentes usos, pero las circunstancias por la que se da ese uso habrá que buscarlos en el plano socioeconómico, esto es, en los usuarios de la tierra, en sus necesidades recurso, limitaciones, cultura, etc. Por esta razón las propuestas mas exitosas para conservación de suelos serán aquellas especificas para el sitio (que tomen en cuenta las condiciones físicas particulares de cada predio) y especificas y habilidades de cada individuo). De esta manera, el acopio de información deberá incluir ambos componentes, el medio físico y el socioeconómico, realizando si es necesario para ello recorridos de reconocimiento y/o encuestas. (Becerra, 2005).

### **2.11.4.3. Limitaciones y uso potencial de la tierra**

Desde el punto de vista de la conservación de suelos, para que el uso de un terreno determinado se considere adecuado, es necesario que haya una buena correspondencia entre las cualidades y las limitaciones de la tierra por un lado, y los requerimientos y efectos de ese uso por el otro. Con el uso adecuado de la tierra se previene en buena medida el deterioro del recurso y hace posible su aprovechamiento sustentable.

Sobre este particular se ha desarrollado una herramienta técnica de utilidad para la planeación del uso adecuado de la tierra, denominada clasificación por Capacidad de Uso, la cual fue propuesta originalmente por Klingebiel y Montgomery (1961) citados por Dent (1981), y ha sido adaptada para diversas circunstancias en muchos países.

La clasificación por Capacidad de Uso se fundamenta en dos conceptos básicos: la "capacidad" es el potencial de la tierra para ser usada de una manera específica, o con determinada práctica de manejo, mientras que las "limitaciones" son aquellas características de la tierra que tienen un efecto adverso sobre la capacidad (Dent, 1981).

Esta clasificación consta de tres categorías: Clase, subclase y unidad. En la primera categoría se consideran ocho niveles o clases de capacidad de uso, indicadas por los números romanos I A VIII. La clase I no tiene limitaciones para los usos agropecuarios o forestales, limitaciones que si se tienen en orden progresivo de gravedad desde la clase II hasta la VIII, en la cual los usos factibles son muy restringidos. De manera esquemática, la clasificación de la tierra por capacidad de uso se puede representar como sigue:

Cuadro 3. Clasificación de la tierra por Capacidad de Uso

Clases de capacidad de uso	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
<b>Aptitud:</b>	Forestal							
	Pasto							
	Agrícola							

En las categorías de la clasificación anterior, el riesgo de erosión se incrementa progresivamente a partir de la clase II, reduciendo el número de cultivos factibles, requiriendo cada vez un manejo más cuidadoso y prácticas de conservación más costosa.

Otros factores que también pueden constituir limitaciones de la tierra para su uso en zonas y/o condiciones específicas son los siguientes: pH, textura del suelo, permeabilidad, etc. Estos factores son considerados como factores auxiliares en la clasificación por capacidad de uso y pueden definir prácticas específicas de manejo, como encalado en suelos ácidos, subsuelo u otros.

Cuadro 4. Factores limitantes considerados en la clasificación de tierras por capacidad de uso.

Grupo	Factor	clave	Condición para clase I
<b>Clima</b>	Deficiente de agua	C	Precip>800mm
	Exceso de agua (inundación)	I	Ninguna
<b>Erosión</b>	Erosión	E	Nula
<b>Topografía</b>	Pendiente	T1	0-2% de pendiente
	Relieve	T2	"
<b>Suelo</b>	Profundidad efectiva	S1	>100cm
	Profundidad del nivel freático	S2	>100cm
	Pedregocidad	S3	Nula
	Salinidad	S4	0-2 mmhos/cm
	sodicidad	S5	PSI<10



Algunos Autores señalan varias desventajas de esta clasificación por ejemplo Dent (1981) menciona las siguientes: a) falla en terrenos no arables, y b) la limitación climática tiene poca operatividad. Además de estas limitaciones, cabe señalar la limitada aplicabilidad que tiene la clasificación de tierras por capacidad de uso en las condiciones de recursos limitados que privan en países como México, donde la mayoría de los agricultores carece de capital para invertir en insumos y obras que mejoren y/o protejan a la tierra. Bajo estas circunstancias, difícilmente se puede pensar en utilizar la tierra a su capacidad potencial.

Por otro lado, en países no desarrollados es común que muchos usuarios con manejo tradicional de la tierra practiquen el uso múltiple de los recursos naturales, es decir, una clase de terreno dada puede ser uso agropecuario, o pecuario-forestal, y esto ha mostrado ser ecológica y económicamente apropiado. Este tipo de manejo no está considerado en la clasificación referida, y posiblemente constituyan opciones importantes para el uso sustentable de la tierra.

No obstante las varias limitaciones mencionadas, esta clasificación puede ser de gran utilidad en la planeación de la conservación del suelo, como base de criterio para recomendar la restricción de usos que predisponen a la erosión, así como también para delimitar el conjunto de prácticas apropiadas a las circunstancias particulares de cada terreno. Usando este marco de clasificación para la planeación de la conservación de suelos, se deberán efectuar los pasos siguientes:

- a) Especificar los factores limitantes;
- b) Analizar dichos factores y establecer su grado de importancia;
- c) Seleccionar las practicas adecuadas de manejo;
- d) Llevar a cabo las practicas seleccionadas;
- e) Evaluar los resultados.

Así crear un listado de las principales prácticas de conservación recomendadas en función del factor limitante de la tierra.

#### **2.11.5. La importancia de Considerar al Factor Humano en la Conservación del Suelo.**

La erosión puede ser causada por factores naturales e inducidos; cuando predominan los naturales generalmente el proceso tiende a un equilibrio dinámico con los procesos de formación del suelo, por lo que, en principio, no constituye un problema grave. Por el contrario, la erosión acelerada causada por la actividad del hombre alcanza en la actualidad niveles alarmantes, y a su control deben enfocarse los esfuerzos de todos los países.

Ahora bien, las acciones contra este problema deberían buscar resolver las causas de la erosión, no solo los efectos, y en muchos casos las causas se ubican en campos de estudios diferentes a los tradicionalmente asignados al agrónomo y demás técnicos responsables de la conservación de suelos. En efecto, la erosión inducida está dictada fundamentalmente por aspectos socioeconómicos como las necesidades, la ignorancia y/o afán de lucro que motivan a los usuarios de la tierra a destruir el equilibrio de los ecosistemas. En cuanto al campo agronómico compete, SARH (1991) sugiere que la conservación de suelos deberían enfocarse a: i) la orientación de la producción, ii) los medios de producción y iii) las características de los terrenos.

El primer objetivo de la conservación de suelos es mantener la productividad potencial de los mismos; pero para que haya éxito en este propósito también se debe incidir favorablemente en las condiciones socioeconómicas de los productores. De aquí surge un segundo objetivo en la conservación de los suelos: causar un mejoramiento en las condiciones de vida del productor. Por esta razón, siempre será conveniente que las recomendaciones técnicas se integren en las circunstancias particulares del agricultor.

De tal importancia es esto último que, de acuerdo con técnicos de CIMMYT (1980), los agricultores no aceptaran recomendaciones que no sean adecuadas para sus circunstancias naturales o socioeconómicas.

Por lo anterior, es conveniente que se considere adecuadamente los aspectos técnico, social y económico, para que se pueda alcanzar respectivamente.

- a) Eficiencia, es decir, que la(s) prácticas(s) recomendada(s) conlleven a la conservación del suelo;
- b) Aceptación , es decir, la integración de la tecnología en el sistema agrícola y su aceptación técnica, social y cultural;
- c) Beneficio/costo, hay que ser realistas en cuanto a la relación entre los recursos necesarios para implementar la recomendación, y los beneficios a obtener.

Desde luego que esto último debe considerarse en su justa dimensión, pues los beneficios de la conservación de suelos no deben evaluarse exclusivamente desde el punto de vista económico como la mayor ganancia en el menor tiempo posible; por el contrario, el beneficio principal puede ser más bien de tipo ecológico y/o social, o la posibilidad del uso sustentable de los recursos naturales por el hombre en el mediano y largo plazo; en fin, tiene que ver con el mundo que dejaremos como herencia para las futuras generaciones (Becerra, 2005).

### **2.11.5.1. Sobre la aceptación de recomendaciones de conservación de suelos**

En cierto sentido, el aspecto social, en cuanto a las posibilidades de aceptación de las recomendaciones, es de mayor complejidad que el técnico. En efecto, el aspecto social se integra la experiencia y costumbres de varias generaciones de usuarios de la tierra, con sus creencias, aspiraciones, deseos, necesidades, etc. Por esta complejidad, el hombre como factor de erosión todavía no ha sido bien entendido ni cuantificado (Stocking, 1980).

En relación con la experiencia de los usuarios, los técnicos debemos de aceptar (críticamente) que las practicas tradicionales se han desarrollado sobre una base empírica de muchos años y generalmente son las mejores que se pueden usar bajo las condiciones de los pequeños productores y de subsistencia (SARH, 1991). Así, los programas de conservación deberán evitar la modificación drástica de las prácticas tradicionales, o es probable que ocurra un fracaso en tales programas.

Por lo anterior, resultan loables los trabajos de investigación y/o demostración sobre conservación de suelos que parten de los patrones locales de manejo de la tierra, como son los casos de Jiménez (1994) para el sistema de roza-tumba-quema en una localidad de Oaxaca, y el de Santos (1995) explorando los sistemas de año y vez, o asociación maíz-haba en Michoacán.

### **2.11.5.2. El aspecto económico**

De gran trascendencia para lograr los aspectos de (eficiencia y aceptación) es el aspecto económico.

En el mundo actual de mercado, en donde la ganancia económica ocupa un lugar prominente, lo común es que sólo se emprendan acciones donde la relación beneficio/costo sea favorable. Pero desafortunadamente, en México y en otros países, el valor de la producción del sector primario ha sido severamente castigado en aras de favorecer a los otros sectores productivos; y ese castigo ha alcanzado tal grado, que desde hace décadas no resulta atractivo invertir en el campo, en México, generándose su descapitalización.

Bajo esta situación, difícilmente podemos aspirar a alcanzar una relación económica favorable de beneficio/costo en muchos de los trabajos de conservación de suelos, pues los costos de los insumos y materiales comúnmente serán más altos que la ganancia que podría esperarse de la producción agropecuaria o forestal en los años subsecuentes a la implementación del programa de conservación de suelos. Esto último no quiere decir que la conservación de suelos y en general la producción del sector primario no tenga importancia económicas por no valorar adecuadamente esto puede ser (y han sido) enormes. La pobreza de millones de mexicanos, las importaciones masivas de alimentos y el severo estacionamiento del sector en los últimos sexenios son, en alguna medida, consecuencia de lo anterior (Becerra, 2005).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Ubicación Geográfica

La cuenca de Chapula se localiza en el sur del estado de Coahuila, al sur de la ciudad de Saltillo; Siendo los límites al norte con el ejido Derramadero, al nor-oeste el municipio de General Cepeda y al sur-este con el ejido San Juan de la Vaquería como se muestra en la Figura 2.

Las coordenadas que limitan sus extremos se muestran en el Cuadro 5. Se ubica en la Región Hidrológica Río Bravo- Conchos (RH-24).

Cuadro 5. Localización Geográfica de la cuenca de Chapula

Vértice	Coordenadas geográficas					
	Longitud W			Latitud N		
	G	M	S	G	M	S
<b>1</b>	101°	19'	54.57"	25°	10'	50.78"
<b>2</b>	101°	16'	56.68"	25°	11'	26.05"
<b>3</b>	101°	17'	41.31"	25°	17'	45.54"
<b>4</b>	101°	15'	52.32"	25°	17'	47.23"

G: Grados; M: Minutos; S: Segundos

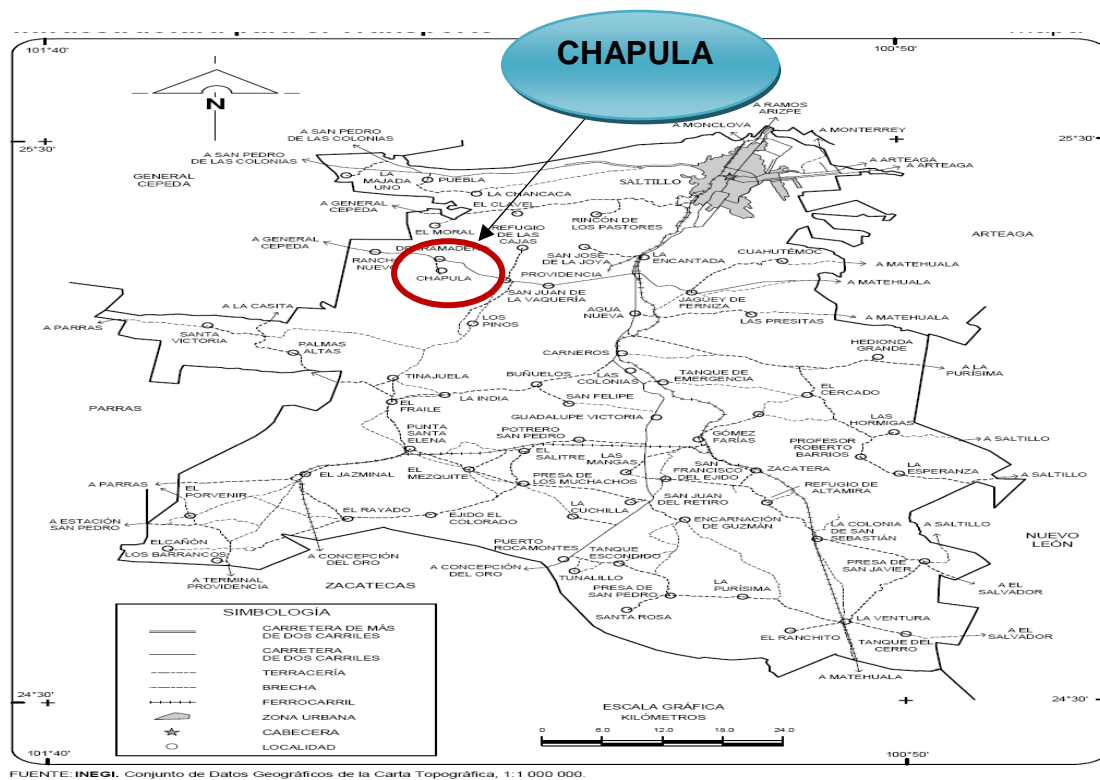


Figura 2. Mapa de localización y límites del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.

## 3.2. Recursos Naturales

### 3.2.1. Clima

El tipo de clima es obtenido de la microcuenca del ejido de San Juan de la Vaquería, considerándose para el ejido de chapula ya que entre los dos ejidos existe una distancia aproximada de 6.5 km estimada con google earth pro, lo cual quiere decir que está en la misma zona climática.

Recibe la influencia de climas de tipo seco estepario; hacia la porción centro y hacia el norte de la microcuenca, sobre terrenos de bajada se desarrolla un clima tipo (BS1 kw) que corresponde a un semicálido, con invierno fresco y lluvias de verano. Mientras que de la porción centro y hacia el norte de la mencionada microcuenca, sobre sierras, el clima es de tipo semiseco templado, con verano cálido y lluvias de verano. La temperatura media anual oscila entre 12 °C y 18 °C; con temperaturas extremas de -3 °C y 38 °C.

Durante el periodo comprendido entre los meses de mayo a octubre, la precipitación total oscila entre los 325 y 400 mm con una tendencia a ser mayor hacia los sistemas montañosos localizados al sur del ejido de Chapula. Las temperaturas extremas en la región, durante el periodo mayo-octubre son de 24°C y 6°C según los datos de la INIFAP (2006).

Según información de la estación meteorológica de la Comisión Nacional del Agua (CNA) más cercana al área de estudio, la precipitación medial anual registrada en la estación del ejido San Juan de la Vaquería es de 457.5 mm, para el mes de julio, la precipitación media mensual más alta (75.7 mm) y para noviembre la más baja (11.8 mm); mientras que la temperatura media anual registrada es de 16.9°C, con extremos máximos registrados durante el período de verano, especialmente en el mes de Junio (21.9 °C) y los mínimos durante el invierno, siendo el mes de enero en el cual se registró la menor temperatura media mensual (10.8 °C).

### **3.2.2. Fisiografía**

El ejido de Chapula se localiza dentro de la provincia de la Sierra Madre Oriental; esta provincia es conformada fundamentalmente por un conjunto de sierras menores, de estratos plegados con origen en antiguas rocas sedimentarias marinas, provenientes del cretácico y del jurásico superior; el plegamiento se manifiesta de diferentes maneras pero su forma topográfica más notoria es de fuertes ondulados y paralelos alargados semejantes a la superficie de un techo de lamina corrugada como se muestra en la Figura 3. Las crestas reciben el nombre de anticlinales y los valles de sinclinales (INIFAP 2006).



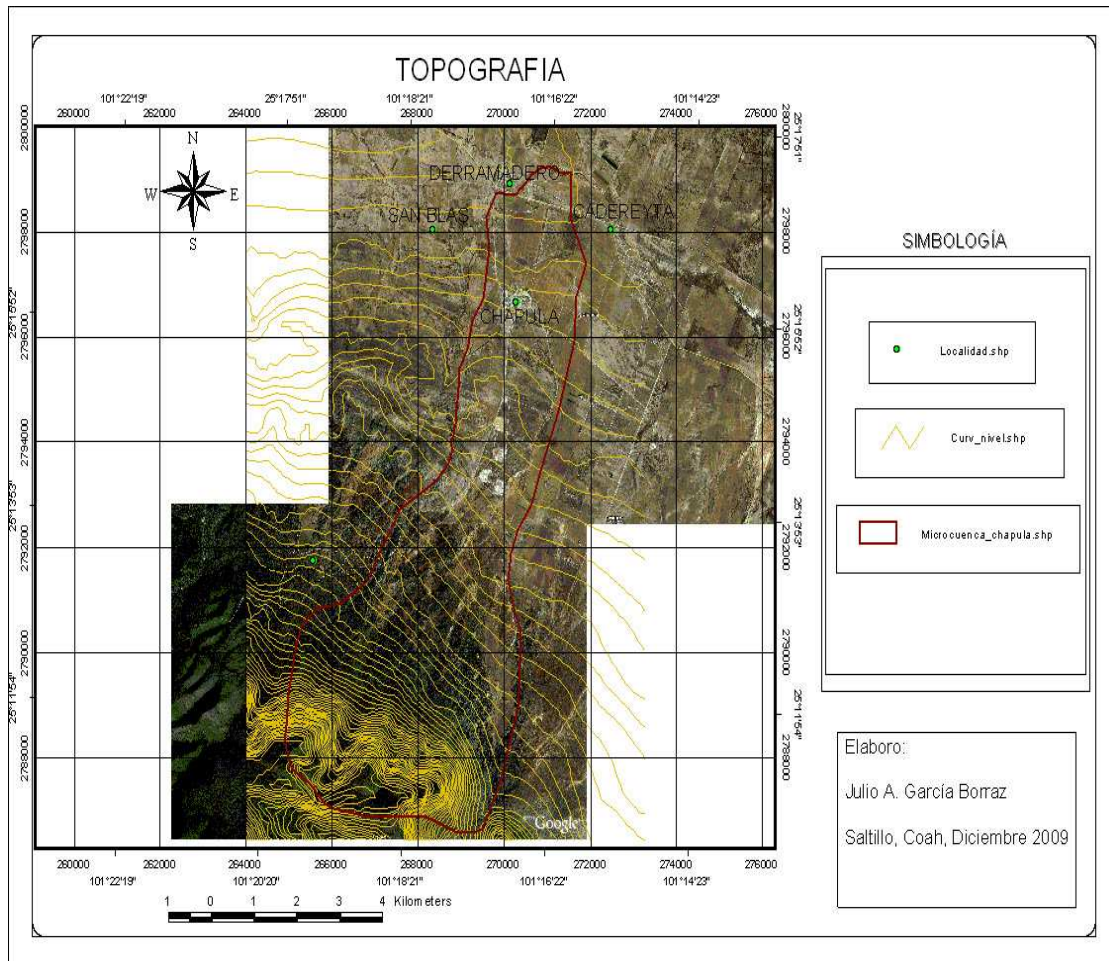


Figura 3. Topografía de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.

### 3.2.3. Edafología

En las sierras, la principal característica geológica es la dominancia de depósitos de rocas de origen sedimentario de tipo caliza, en donde son característicos los suelos Litosoles asociados a Regosol calcárico, con textura media. Estos suelos se caracterizan por una profundidad menor a 10 cm hasta la roca o caliche duro.

Al piedemonte estos suelos se ubican como unidad secundaria en donde domina la Rendzina litosol (E+I/2) como se muestra en la figura 4., suelos también de poca profundidad característicos de formaciones de caliza en donde la vegetación dominante es de matorrales, por lo que pueden presentar mantillos de hojarasca abundante que permite una

capa superficial rica en humus y muy fértil que se encuentra sobre la roca caliza. Las partes de menor pendiente se encuentran los suelos feozem calcarico (Hc/3) y es la que ocupa mayor superficie en la cuenca, una de las características de este tipo de suelo es que tienen una profundidad de 20 a 50 cm, son ricos en cal y nutrientes para las planta al igual que el suelo castañozem, los suelos con esta subunidad tiene fertilidad que va de moderada a alta. Cualquier actividad que elimine la cubierta vegetal es riesgosa puesto que estos suelos muestran gran susceptibilidad a la erosión en las laderas y lomas con cierta pendiente (INIFAP, 2006).

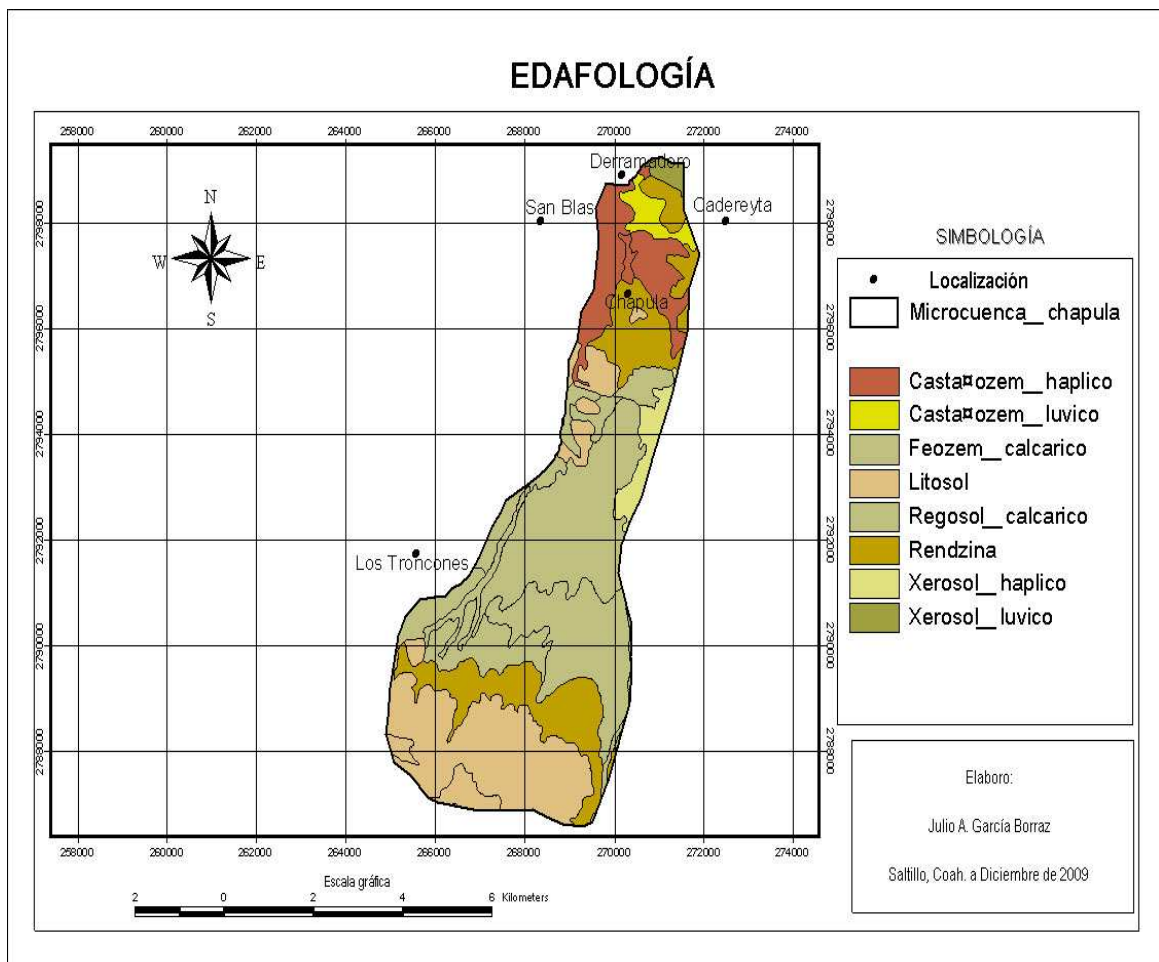


Figura 4. Edafología de la cuenca del ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila.

### **3.2.4. Geología**

El material geológico predominante en el área de interés data desde la era Mesozoica hasta el Cuaternario. La era Mesozoica se caracteriza por tener rocas sedimentarias marinas y continentales de los períodos Triásico, Jurásico y Cretácico, como las de tipo caliza, lutitas, areniscas y conglomerados; además, este período se caracteriza por la formación de montañas plegadas.

El material geológico más antiguo encontrado en el área se encuentra en la sierra Zapalinamé; ésta sierra forma parte de una gran sierra plegada originada en el cretácico (hace 136 millones de años) como consecuencia del movimiento de las placas tectónicas (INIFAP, 2006).

La superficie ocupada por las bajadas y llanuras se compone por suelos aluviales (al) y lutita areniscas ks(lu+ar) como se muestra en la figura 5. de conformación geológica reciente (hace 2 millones de años), pertenecen al período cuaternario, último período de la era cenozoica y último de la historia de la tierra, mismo que transcurre actualmente. Durante el transcurso de este período la superficie de la tierra, la vegetación y el mundo animal adquirieron las características que conocemos en la actualidad; se caracteriza por el desarrollo de grandes glaciaciones continentales, especialmente en el hemisferio norte, en la superficie de la tierra firme son característicos los depósitos eólicos, aluviales y lacustre; en éste período surge el hombre en la tierra (INIFAP, 2006).

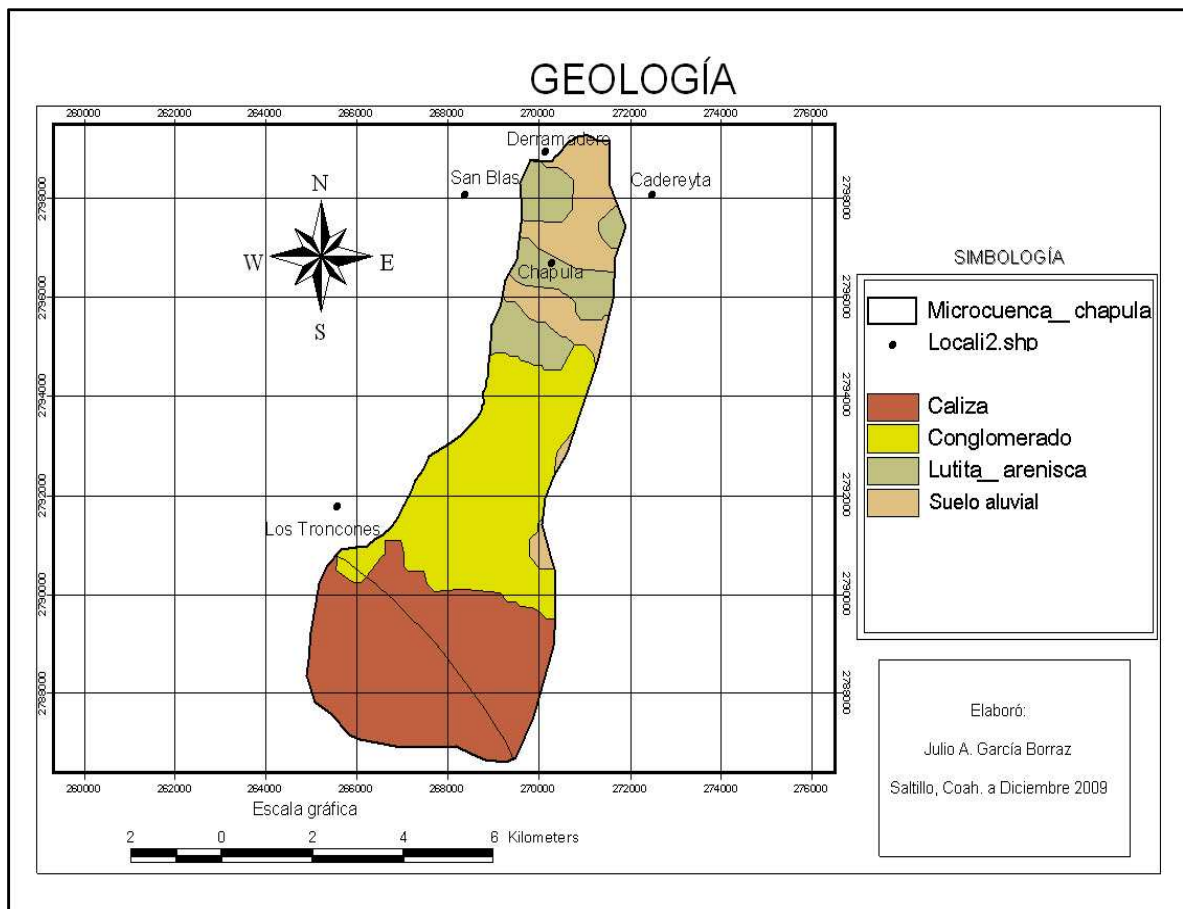


Figura 5. Geología de la cuenca del ejido de Chapula. Saltillo, Coah.

### 3.2.5. Hidrología

La Regional Río Bravo es la más extensa del país con 379,604 km<sup>2</sup> representando el 19% del territorio nacional. Está conformada por 141 municipios, de los cuales, 31 corresponden al estado de Coahuila, 52 al estado de Chihuahua, 47 al estado de Nuevo León, 10 al estado de Tamaulipas y 1 al estado de Durango véase en la Figura 6.

Para fines de planeación dividieron a la Región en seis subregiones: Cuencas Cerradas del Norte, **Conchos**, Alto Bravo, Medio Bravo, San Juan y Bajo Bravo (CONAGUA, 2009).



Figura 6. Regiones de la cuenca Rio Bravo

El ejido de Chapula se encuentra ubicado en la Cuenca hidrológica del rio Bravo-Conchos como se muestra en la Figura 7.



Figura 7. Regiones hidrológicas del estado de Coahuila  
Fuente: INEGI, Febrero 2010.

La hidrología superficial que presenta la cuenca de Chapula es de 37% de la precipitación anual, hecho que se presenta en la bajada que domina la superficie del área de estudio, mientras que en las laderas de las sierras de la Concordia y Zapalinamé el coeficiente de escurrimiento corresponde entre 5 y 10% de la precipitación anual.

Con respecto a las zonas geohidrológicas o unidades de probabilidad de agua subterránea, en las sierras se presenta material consolidado con posibilidades bajas de encontrar agua subterránea, por el contrario, la topografía bajada es formada por materiales no consolidados con posibilidades de encontrar rendimientos de agua entre 10 y 40 litros por segundo. No obstante a las altas posibilidades, ésta microcuenca se ubica sobre un acuífero sobre explotado denominado Cañón de Derramadero, el cual forma parte de una extensa zona de acuíferos sobre explotados que se extienden hacia el norte hasta la sierra de la Gavia conocida como la Muralla, y desde el municipio de Arteaga al oriente hasta la Región Lagunera al otro extremo del estado. Por el contrario al sur del acuífero delimitado prácticamente por la subprovincia de la Sierra Transversa la condición es de equilibrio en contraste con la zona norte (INIFAP, 2006).

En la red de drenaje de la cuenca de Chapula, el orden que se puede apreciar en la Figura 8, es de orden 2 y en partes con infiltraciones.

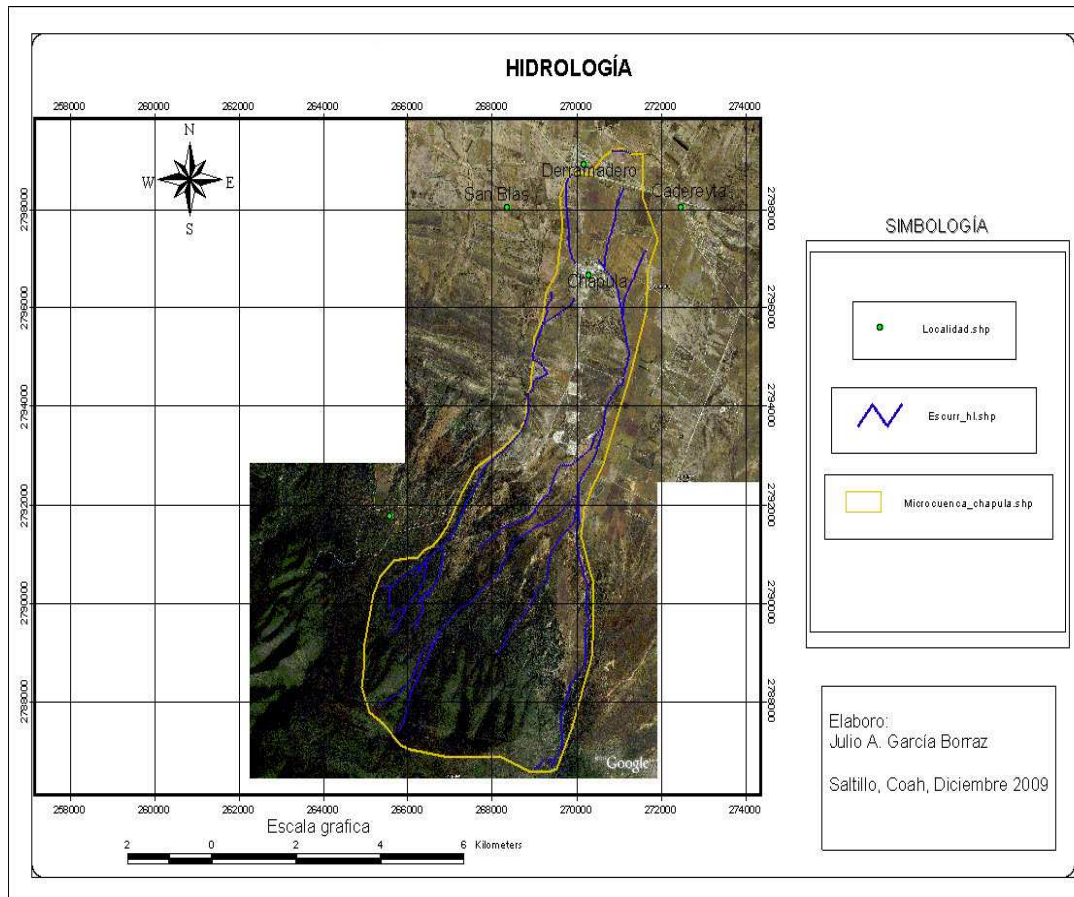


Figura 8. Hidrología de la cuenca del ejido de Chapula, saltillo, Coahuila.

### 3.2.6. Vegetación y uso de suelo

El área de estudio forma parte de la provincia fisiográfica de la Sierra Madre Oriental, y se localiza dentro de la subprovincia fisiográfica “Sierras Transversales”. De acuerdo con la regionalización biogeográfica propuesta por CONABIO, el área se localiza dentro de la provincia biogeográfica del altiplano Norte “Chihuahuense”. Rzedowski (1978) se refiere a esta zona como Altiplano, el cual corresponde a la región Xerofítica Mexicana y al Reino Neotropical, presentando la mayoría de las especies encontradas en esta provincia afinidades meridionales. La Región Xerofítica Mexicana incluye grandes extensiones del norte y del centro de la República, caracterizadas por su clima árido y semiárido y abarca la mitad de su superficie; sólo entre las plantas leñosas de México existen 68 géneros restringidos a las zonas de clima árido.

El área de estudio presenta condiciones climáticas bastante uniformes, por lo cual la distribución de los tipos de vegetación está dada fundamentalmente por las condiciones edáficas, además de las variaciones topográficas. Las principales asociaciones vegetales en el área se caracterizan por su forma de vida tipo arbustivo de porte bajo y, en sitios con mayor humedad y suelos profundos, son de mayor conformación. Esta región se encuentra bajo la influencia de climas áridos y semiáridos, especialmente las áreas cuyo relieve y topografía es de tipo planicie, sierras bajas y lomeríos.

La fisionomía vegetal del territorio esta caracterizada por albergar comunidades de tipo arbustivo, donde pueden ser observadas un sin numero de asociaciones vegetales denominadas típicamente matorrales, generalmente dominados por especies inermes. En general las comunidades vegetales que caracterizan el área de estudio se encuentran constituidas por matorral desértico micrófilo, matorral submontano, bosque de pinos y bosque de oyamel (INIFAP, 2006).



### 3.3. Aspectos Socioeconómicos

#### 3.3.1. Demografía

##### 3.3.1.1. Población total para grupos de edad, sexo, y número de ejidatarios.

El ejido de Chapula, municipio de Saltillo, Estado de Coahuila, cuenta con 25 ejidatarios, la población total del ejido de Chapula para el año 2005 cuenta con 428 habitantes, de los cuales la población de hombres es de 210 y para la población de mujeres es de 218 (Cuadro 6).

Cuadro 6. Población total por sexo en el ejido de Chapula, municipio de Saltillo, estado de Coahuila.

Ejido/sexo	Población 2005	%/sexo
Chapula	428	
Hombres	210	49.07
Mujeres	218	50.93

Fuente: INEGI XII censo general de población y vivienda 2005

Cuadro 7. Población por grupos de edad en el ejido de Chapula, Municipio de Saltillo, estado de Coahuila.

Ejido Grupos	Población total Hombres y mujeres	% de la población total
Chapula	371	
0 – 14 años	124	33.5
15 – 64 años	214	57.5
65 y mas años	33	8.9

Fuente: INEGI. Estados Unidos Mexicanos, XII censo general de población y vivienda 2000.

De acuerdo a los cuadros 6 y 7 podemos decir que la población va en aumento, en 5 años se incrementó la población en un 7.13% (57 personas más). Lo cual nos indica que también va en aumento la demanda de los alimentos básicos principalmente.

Con los datos del Cuadro 8, nos damos cuenta que pocos son lo que estudian y que la gran mayoría de gente joven entre 15 y 24 años se dedican a labores del campo o emigran a la ciudad para dedicarse a otras actividades.

Cuadro 8. Población entre rango de edades educativos en el ejido de chapula

Ejido Grupos	Población total	Población que asisten a la escuela	Población que no asiste a la escuela	Secundaria completa	Secundaria incompleta
Chapula	371				
6-14 años		80	5		
15-24		11	58		
15 y mas				49	9

Fuente: INEGI. Estados Unidos Mexicanos, XII censo general de población y vivienda 2000.

### 3.3.2. Vías de Acceso

El acceso al área de estudio se hace por la carretera federal No. 54, Saltillo-Zacatecas-Guadalajara, aproximadamente a 20 km de saltillo, este acceso toma primero contacto con el ejido la Angostura, La Encantada para después tomar la desviación a la carretera que lleva a General Cepeda, pasamos el ejido Providencia, después al ejido San Juan de la Vaquería, Derramadero y luego encontraremos una desviación que nos llevara al ejido Chapula.

### 3.4. Materiales

- GPS
- Estación total
- Barrena holandesa
- Botes de aluminio
- Suelo
- Balanza analítica
- Vaso precipitado 50ml
- Batidora eléctrica
- Probeta de sedimentación 1000ml
- Agitador manual para probetas (vástago con placa circular)
- Probeta graduada de 250ml
- Piceta 250ml
- Termómetro
- Hidrómetro de bouyoucos
- Estufa de secado a 105°
- Solución de hexametáfosfato de sodio
- PH metro digital

## **3.5. Metodología**

### **3.5.1. Planeación Espacial del Ejido Chapula**

Para adecuar los métodos de labranza e introducir un sistema de manejo conservacionista a nivel cuenca en ejido Chapula se realizó un estudio previo a la investigación del tipo de suelo, clima, pendiente y las principales actividades agropecuarias con datos previos al Sistema de Información Geográfica Para el Manejo y Planeación por Microcuencas (**SIGMAPLAM**) para el sureste de Coahuila (Zarate, 2003).

Para su diseño se utilizó el programa arcview 3.3 con las cartas de hidrología, topografía, geología, edafología, uso de suelo, y la climática, con número de clave G14C32, G14C33, G14C42 Y G14C43 a escala 1:50,000.

Se procedió a identificar la cuenca en estudio en las cartas hidrológicas, topográficas y con imágenes satelitales descargados de Google Earth 2007 para precisar las redes de drenaje.

Luego se delimitó la cuenca del ejido de chapula con el apoyo de las cartas hidrológicas, topográficas y las imágenes de satélite. Se delimito la cuenca más que nada verificando que la red de drenaje de interés quedara dentro de la cuenca y las que no fuesen de interés dejándolos fuera de ella.

Después de lo anterior se procedió a cortar los otros temas, que en arcview GIS 3.3. Se le llama crear clip, para no tomar en cuenta toda la dimensión de la carta, más que el área de la cuenca para su respectivo estudio.

Terminando de hacer los pasos anteriores se procedió a determinar el tipo de suelo, el uso de suelo, el clima, geología, edafología, vegetación y zonas con erosión. Teniendo bien fijo y delimitado nuestros temas de estudio se procedió a calcular las superficies.

### **3.5.2. Planeación a Nivel Parcela**

En el estudio a nivel parcela se determino la textura del suelo, la cual se realizo en el laboratorio de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro en el departamento de Ciencias del suelo por el método del hidrómetro de Bouyoucos.

Otro parámetro muy importante que se determino en el laboratorio fue el pH del suelo por medio del Ph metro, tomando las muestras en 4 sitios de la parcela.

En la parcela de estudio se procedió hacer un levantamiento topográfico con la finalidad de obtener el área de la parcela, así, como las curvas de nivel para determinar la pendiente y poder predecir en que parte del terreno serán los trazos de la obra.

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Resultados del Estudio de Planeación Espacial a Nivel cuenca

Con los datos obtenidos en los cuadros, se estimó la cantidad de volumen que es precipitada en la cuenca y el volumen retenido.

Para calcular el escurrimiento superficial y obtener la cantidad de agua que es absorbida por el suelo, se utilizaron datos de coeficiente de retención de una investigación que llevaron a cabo el Ing. Botánico Gustavo Aguirre Benavides, Ing. Geólogo Alfonso de la O Carreño y el Ing. Hidrólogo Quirino Orta Valdés en la cuenca San Miguel del municipio de General Cepeda y Parras con área de estudio de 1,050.Km<sup>2</sup>.

Cuadro 9. Superficie por tipo de suelo en la cuenca de Chapula

Clave	Unidad de suelo	Unidad de suelo	Hectáreas	%
I/2	Litosol		726,698	18,06
XI+Xh/3	Xerosol_lúvico	Xerosol_háplico	34,75	0,86
Kh+KI/2	Castañozem_háplico	Castañozem_lúvico	348,462	8,66
KI+Kh/3	Castañozem_lúvico	Castañozem_háplico	81,763	2,03
E+I+Kh/2	Rendzina	Litosol	55,617	1,38
Kh/3 <sup>o</sup>	Castañozem_háplico		18,270	0,45
E+Rc+I/3	Rendzina	Regosol_calcárico	256,854	6,38
I+Rc/2	Litosol	Regosol_calcárico	132,016	3,28
Rc+I/2	Regosol_calcárico	Litosol	120,225	2,99
Xh/3	Xerosol_háplico		111,922	2,78
Hc/3	Feozem_calcárico		770,337	19,14
Hc+HI/3	Feozem_calcárico	Feozem_lúvico	286,045	7,11
Hc+Rc/2	Feozem_calcárico	Regosol_calcárico	69,111	1,72
Hc+E/2	Feozem_calcárico	Rendzina	480,416	11,94
Rc/2	Regosol_calcárico		22,035	0,55
I+E/2	Litosol	Rendzina	103,527	2,57
E+I/2	Rendzina	Litosol	401,293	9,97
E/2	Rendzina		5,473	0,14
<b>TOTAL</b>			<b>4024,814</b>	<b>100</b>

Cuadro 10. Superficie por tipo de formación del suelo en la cuenca de Chapula

<b>Clave</b>	<b>Era geológica</b>	<b>Geología</b>	<b>Tipo de roca</b>	<b>Hectáreas</b>
Q(al)	Cuaternario	S_aluvial	Suelo	503,402
Q(cg)	Cuaternario	Conglomerado	Sedimentaria	1377,362
Ks(lu-ar)	Cretácico_superior	Lutita_arenisca	Sedimentaria	480,309
Ki(cz)	Cretácico_inferior	Caliza	Sedimentaria	1663,741
<b>Total</b>				<b>4024,814</b>

En el cuadro 10 el tipo de vegetación predominante es el matorral desértico micrófilo con un porcentaje de 25,15% y el uso de estas tierras es la agricultura temporal con un bajo porcentaje 18,25%, el uso de riego tiene 0% debido a la sobre explotación de los acuíferos.

Cuadro 11. Superficie por tipo de vegetación y uso de suelo en la cuenca de Chapula

<b>Vegetación</b>	<b>Hectáreas</b>	<b>% Superficie</b>
Agricultura. Temporal	734,369	18,25
Matorral. Desertico Microfilo	1012,269	25,15
Bosque. Pino y pino encino	523,291	13,00
Bosque de oyamel	860,945	21,39
Matorral submontano	893,94	22,21
Agricultura de riego	-----	
<b>Total</b>	<b>4024,814</b>	<b>100</b>

Cuadro 12. Tipo de vegetación de acuerdo al volumen precipitado y retenido

Carta de vegetación						
Factor	Área	Área	Isoyeta	Volumen precipitado	Coef.	Volumen retenido
Vegetación	Hectareas	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>
Agric.temporal	734,369	7343690,0	0,4575	3359738,175	0,13	436765,9628
Mator. Desertico Microfilo	1012,269	10122690,0	0,4575	4631130,675	0,01	46311,30675
Bosq. Pino y pino encino	523,291	5232910,0	0,4575	2394056,325	0,13	311227,3223
Bosque de oyamel	860,945	8609450,0	0,4575	3938823,375	0,15	590823,5063
Matorral submontano	893,94	8939400,0	0,4575	4089775,50	0,1	408977,55
<b>Total</b>	<b>4024,814</b>	<b>40248140,0</b>		<b>18413524,05</b>		<b>1794105,648</b>

Cálculo del coeficiente de ponderación (C.P).

$$\text{Coef. Ponderado} = \frac{\text{Vol. Retenido}}{\text{Vol. Precipitado}} \quad \text{C.P.} = 0.09743$$

Cuadro 13. Volumen de precipitación y retención por tipo de suelo

Carta geológica						
Factor	Área	Área	Isoyeta	Volumen precipitado	Coef	Volumen retenido
Geológico	Hectáreas	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup>		m <sup>3</sup>
Q(al)	503,402	5034020	0,4575	2303064,15	0,100	230306,415
Q(cg)	1377,362	13773620	0,4575	6301431,15	0,050	315071,5575
Ks(lu-ar)	480,309	4803090	0,4575	2197413,68	0,08	175793,094
Ki(cz)	1663,741	16637410	0,4575	7611615,08	0,2	1522323,015
<b>Total</b>	<b>4024,814</b>	<b>40248140,0</b>		<b>18413524,05</b>		<b>2243494,1</b>

$$\text{Coef. Ponderado} = \frac{\text{Vol. Retenido}}{\text{Vol. Precipitado}} \quad \text{C.P.} = 0.121839$$



Cuadro 14. Volumen precipitado y retenido por características del suelo

Carta edafológica						
Factor	Área	Área	Isoyeta	Volumen precipitado	Coef.	Volumen retenido
Edafológico	Hectáreas	m2	m	m3		m3
I/2	726,698	7266980,0	0,4575	3324643,35	0,08	265971,47
XI+Xh/3	34,75	347500,0	0,4575	158981,25	0,125	19872,66
Kh+KI/2	348,462	3484620,0	0,4575	1594213,65	0,11	175363,50
KI+Kh/3	81,763	817630,0	0,4575	374065,725	0,11	41147,23
E+I+Kh/2	55,617	556170,0	0,4575	254447,775	0,05	12722,39
Kh/3	18,270	182700,0	0,4575	83585,25	0,12	10030,23
E+Rc+I/3	256,854	2568540,0	0,4575	1175107,05	0,1	117510,71
I+Rc/2	132,016	1320160,0	0,4575	603973,2	0,075	45297,99
Rc+I/2	120,225	1202250,0	0,4575	550029,375	0,08	44002,35
Xh/3	111,922	1119220,0	0,4575	512043,15	0,12	61445,18
Hc/3	770,337	7703370,0	0,4575	3524291,78	0,12	422915,01
Hc+HI/3	286,045	2860450,0	0,4575	1308655,88	0,12	157038,71
Hc+Rc/2	69,111	691110,0	0,4575	316182,825	0,11	34780,11
Hc+E/2	480,416	4804160,0	0,4575	2197903,2	0,11	241769,35
Rc/2	22,035	220350,0	0,4575	100810,125	0,1	10081,01
I+E/2	103,527	1035270,0	0,4575	473636,025	0,01	4736,36
E+I/2	401,293	4012930,0	0,4575	1835915,48	0,01	18359,15
E/2	5,473	54730,0	0,4575	25038,975	0,1	2503,90
Total	4024,814	40248140		18413524,1		1685547,3

$$\text{Coef. Ponderado} = \frac{\text{Vol. Retenido}}{\text{Vol. Precipitado}} \quad \text{C.P.} = 0.09153$$

Cuadro 15. Determinación del factor de escurrimiento (E)

$\Sigma$ factores V+E+G	0,310812152
Factor Evapotranspiración	0,59
Factor infiltración	0,06216243
$\Sigma$ FG+FV+FE+FEV+FI	0,962974582
E=1-(F de retención)	0,037025418

Con los datos del cuadro 15 se calculó el volumen de escurrimiento.

$$\text{Volumen precipitado} = 18,413,524.05 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen Esc} = (\text{Vol. Precipitado})(E)$$

$$\text{Volumen de escurrimiento} = 681,768.462 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen retenido} = (\text{Vol. precipitado}) - (\text{vol. escurrimiento})$$

$$\text{Volumen retenido} = 17,731,755.588 \text{ m}^3$$

### Cálculo de volumen de escurrimiento (Becerra, 2005).

Cuadro 16. Cálculo de Volumen de escurrimiento

Zona	Textura del suelo	Vegetación	Topografía	C	Área Ha	(C)(A)	C
1	Media	Agrícola	Plana (3%)	0,5	671,66	335,830	<b>0,364</b>
2	media	Agrícola	Plana (4%)	0,5	34,10	17,048	
3	Gruesa	Agrícola	Plana (1,6%)	0,3	28,62	8,585	
4	Gruesa	Pastizal	Plana (3%)	0,1	39,75	3,975	
5	Media	Pastizal	Ondulado (8,5%)	0,36	823,30	296,386	
6	Gruesa	Pastizal	Escarpado (12%)	0,42	16,65	6,991	
7	media	Pastizal	Ondulado (6%)	0,36	14,24	5,126	
8	Media	Bosque	Escarpado (40%)	0,5	860,95	430,473	
9	media	Bosque	Escarpado (16%)	0,5	504,24	252,122	
10	Media	Bosque	Plano (5%)	0,3	12,16	3,649	
11	Media	Bosque	Escarpado (18%)	0,5	6,89	3,443	
12	Gruesa	patizal	Plano (5%)	0,1	1010,26	101,026	
13	Media	Pastizal	Escardo (12%)	0,42	2,01	0,843	
<b>SUMA</b>					<b>4024,81</b>	<b>1465,495</b>	

$$C = \frac{\sum(c)(A)}{\sum(\text{Área Ha})}$$

Donde:

C= Coeficiente de escurrimiento

$$C = \frac{\sum 1465.495}{\sum 4024.81} = 0.364$$

$$V = (C)(\bar{P} m)(Am^2)$$

Donde:

V= Volumen de escurrimiento (m<sup>3</sup>)

$\bar{P}$  = Precipitación media anual (m)

$$V = (0.364)(0.4575(40248080)) = 6704640.5 \text{ m}^3$$

En este método toma de referencia la topografía, vegetación y textura del terreno que por ende se sabe que los valores de textura toman en cuenta la infiltración del agua en el suelo.

Cuando se construye cualquier obra de conservación y si se comparan dos métodos, se toma a consideración el dato mas elevado para dar mayor seguridad a la obra.

### **Cálculo de la pendiente media de la cuenca (Sc) por el método de Alvord (Becerra, 2005)**

**L**= Longitud total (suma) de las curvas de nivel dentro de la cuenca (m)

**A**= Área de la cuenca (m<sup>2</sup>)

**Sc**= pendiente media de la cuenca

**d**= Equidistancia vertical entre las curvas de nivel

$$Sc = \frac{(d)(L)}{A}$$

El cálculo realizado con la formula anterior se obtuvo una pendiente media de la cuenca de Sc= 14.350 % como se muestra en el cuadro 17.

Cuadro 17. Características de la curva de nivel y pendiente media de la cuenca de Chapula

<b>Cota entre curvas m</b>	<b>Long.total m</b>	<b>Sup.Cuenca M<sup>2</sup></b>	<b>Pendiente media %</b>
20	288770,578	40248140	14,350

La topografía de una cuenca o de pequeñas parcelas define mucho la obra de conservación que se puedan plantear, y define también la vegetación que existe en ella, por ejemplo en la Figura 3 se puede visualizar que en las partes mas altas hay mayor vegetación y define su especie que es pino-pino encino, oyamel la cual el manejo que se le da el suelo, será diferente con respecto a las zonas bajas.

### **Tiempo de concentración (Tc)**

$$T_c = 0.02 \frac{L^{1.15}}{H^{0.385}}$$

**Donde:**

**Tc=** Tiempo de concentración

**H:** Desnivel entre el punto mas alejado de la cuenca y el sitio de aforo, en metros.

**L:** Longitud del cauce principal, en metros.

El tiempo aproximado que tardaría en recorrer el escurrimiento máximo instantáneo entre el punto mas lejano, a la salida de la cuenca es de 83 minutos, o sea, 1.3975 horas.

### **Pendiente del cauce**

$$P = \frac{H}{L} 100 \quad \text{Donde:}$$

**P:** Pendiente del cauce.

**H:** Desnivel entre los extremos del cauce en metros.

**L:** Longitud horizontal del tramo del cauce en metros.

Tomando el dato de desnivel y longitud del cauce principal de la red de drenaje del cuadro 18 se obtuvo el siguiente resultado:

Pendiente del cauce (P)= 8.001%.

Cuadro 18. Determinación del tiempo de concentración de la cuenca de Chapula.

<b>RED DE DRENAJE</b>				
<b>Log.Max Cota m</b>	<b>Log.Min Cota m</b>	<b>Desnivel (H)</b>	<b>Long.cauce principal (m)</b>	<b>Tc min</b>
3000	1780	1220	15248,910	83,851

### Resultados a nivel parcela

El presente estudio se hizo en una superficie de 1,5 hectáreas, en campo.

### Determinación del pH del suelo.

Cuadro 19. Determinación del pH por sitio de muestreo

<b>Sitio</b>	<b>pH</b>	<b>Agrupación</b>
1	7.8	Moderadamente alcalino
2	7.9	Moderadamente alcalino
3	8.0	Moderadamente alcalino
4	8.0	Moderadamente alcalino

Cuadro 20. Clasificación del suelo según el pH

<b>Agrupación</b>	<b>pH</b>	<b>Agrupación</b>	<b>Clave</b>
Extremadamente ácido	Menos de 4.5	-----	-----
Muy fuertemente ácido	4.6-5.0	ácido	R1
Fuertemente ácido	5.1-5.5	-----	-----
Moderadamente ácido	5.6-6.0	-----	-----
Ligeramente ácido	6.1-6.5	-----	-----
Neutro	6.6-7.3	-----	R2
Ligeramente alcalino	<b>7.4-7.8</b>	-----	-----

Moderadamente alcalino	<b>7.9-8.4</b>	-----	-----
Fuertemente alcalino	8.5-9.0	alcalino	R3
Muy fuertemente alcalino	Mayor de 9.0	-----	R3

El pH dominante del suelo de la parcela es de tipo moderadamente alcalino según en la clasificación del cuadro 20.

### **Determinación de Textura por el método de Bouyoucos**

Cuadro 21. Textura del suelo de la parcela de Chapula.

<b>Sitios</b>	<b>%Arcilloso+%limo</b>	<b>%Arena</b>	<b>%Arcilla</b>	<b>Limo</b>	<b>%total</b>	<b>TEXTURA</b>
1	56,8	43,2	25,9	30,9	100	Migajón
2	55,9	44,1	23,4	32,5	100	Migajón
3	53,4	46,6	25,9	27,5	100	Migajón
4	59,3	40,7	28,4	30,9	100	Migajón arcilloso

En cuanto el pH del suelo obtenido es posible plantear los cultivos adecuados según el rango, por lo que debe considerarse un factor auxiliar para la toma de decisiones de manejo agrícola.

Como se observa en el cuadro 21 la textura más dominante de este suelo es migajón.

**Cálculo de la pendiente del terreno:**

$$P = \left( \frac{H}{L} \right) \times 100$$

**P**= pendiente media del terreno (%).

**H**= diferencia de cotas (m).

**L**= longitud entre los dos puntos (m).

**100**= conversión a porcentaje.

$$P = \left( \frac{103 - 100}{100} \right) \times 100 = 3\%$$

En el plano topográfico de la Figura 9. Se observa que las pendientes del terreno son suaves y el porcentaje calculado son clasificados como pendientes planas como se muestra en el Cuadro de 16.

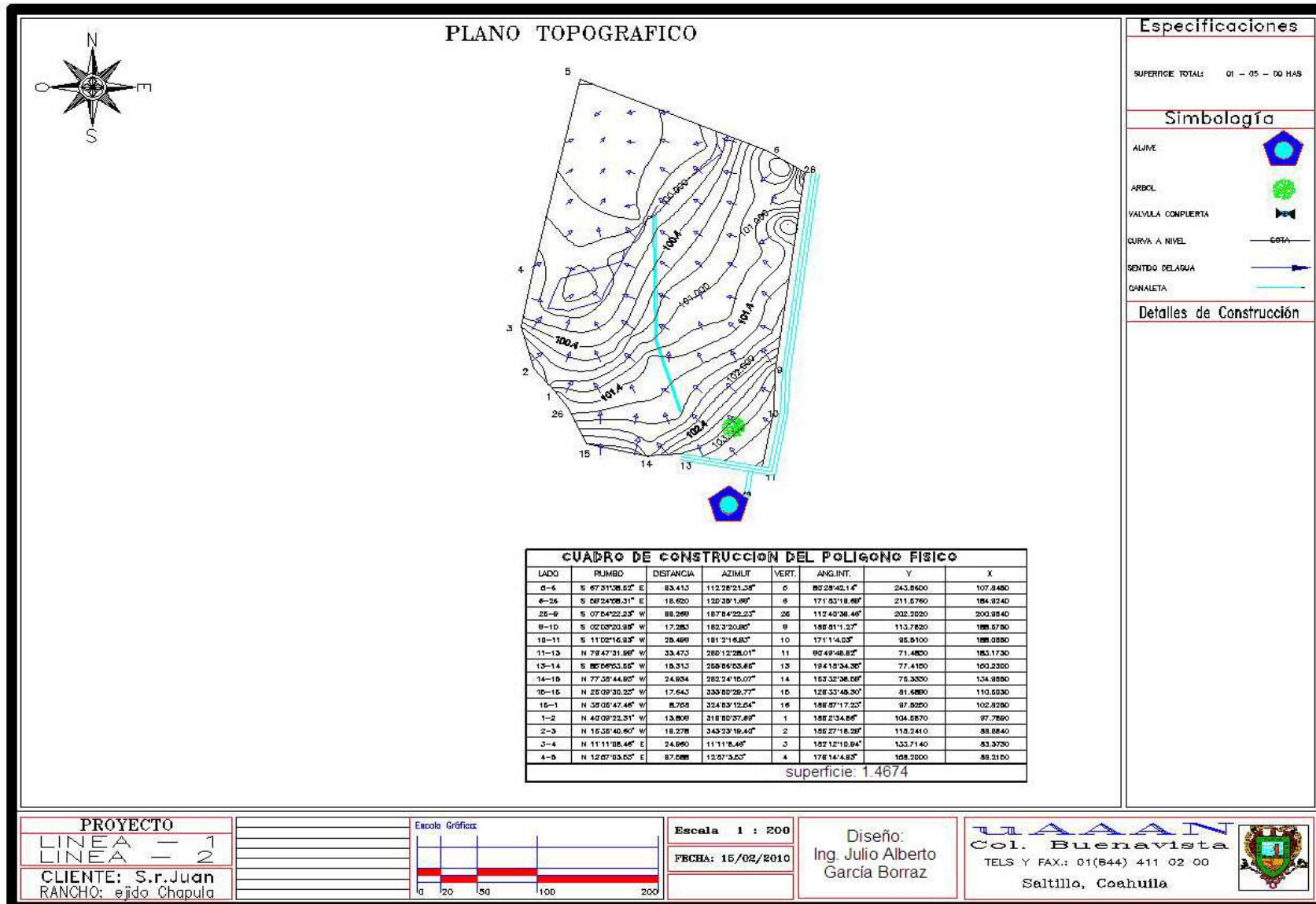


Figura 9: Plano topográfico de la parcela de estudio en el Ejido de Chapula, Saltillo, Coahuila



## **Problemática de la cuenca del Ejido de Chapula**

**Zonas agrícolas sin riesgo aparente.** En esta zona se agrupan la totalidad de los terrenos dedicados a actividades agrícolas de temporal los cuales la utilizan para el cultivo de maíz y frijol en su mayoría.

En la que los rendimientos dependen en gran medida de la disponibilidad de agua. Mención importante en este apartado merece la infraestructura para el manejo del suelo y del agua a través de pequeñas obras de conservación por medio de terrazas de formación sucesiva aprovechando los escurrimientos superficiales que existe en estas zonas, hecho que permite abastecer los requerimientos hídricos de los cultivos que se desarrollan en la región y permitan mejorar sus sistemas de producción (Cuadro 22).

**Bosque en serranía.** En estos sitios se caracteriza por tener pendientes pronunciadas, en el análisis que se realizó se encontraron pendientes media a escarpado con el tipo de vegetación pino, pino-encino y oyamel. En estas zonas se requieren mayor protección porque de las zonas altas dependen de gran mayoría la retención de los escurrimientos superficiales.

Estas zonas abarcan el 34,39 del 100% de toda la vegetación y es la que existe en su mayoría. Cabe destacar que estas zonas tienen funciones significativas en el entorno de la cuenca ya que, además de proteger el suelo, propiciar la infiltración y recarga de los acuíferos, la reproducción del bosque depende en gran medida de los especímenes que en estos lugares se desarrollan y es indispensable la reforestación (Cuadro 22).

**Matorrales desértico micrófilo.** Esta zona abarca el 25 al 15% del total de vegetación, estos sitios son ocupados regularmente para el apacentamiento del ganado caprino, sin ser los de mayor uso, debido a que los matorrales desérticos micrófilos presentes son de porte bajo y baja densidad, su crecimiento es limitado por la escasa profundidad del suelo con una pendiente que va desde 5 a 12% (cuadro 22).

**Matorral submontano.** Este tipo de matorral representa un 22.21% de la vegetación que se encuentra en la cuenca y con una topografía que va de plano a escarpado limitando con la zona de bosque pino encino principalmente, mas que nada esta zona es de mayor daño por el sobrepastoreo, por eso se reducir la carga animal por superficie (cuadro 22)

**El agua almacenada.** En el diseño de la obra se encontró que a menos de 30 metros existe un aljibe y que el agua que lo contiene es utilizada para regar una parte del terreno en forma rodada, causando esto una infiltración y perdida del agua desde el inicio hasta el final del riego. Es por eso que se plantea poner un sistema de riego como es un cañón para los cultivos de maíz y frijol, eficientando los rendimientos de los cultivos, ya que las lluvias no son suficiente para abastecer las demandas de los cultivos. También se proponen más alternativas como la construcción de un vivero para hortalizas, tales como chile, tomate, ejote etc. Cabe mencionar que los recursos para la construcción y capacitación serán afianzados por programas de apoyo al campo y así mejorar la calidad de vida de los participantes de este proyecto (Cuadro 22).

Cuadro 22. Propuestas de acciones con base a la problemática de la cuenca de chapula

DESCRIPCIÓN	PROBLEMA	NECESIDADES	ACCIONES
Áreas agrícolas sin riesgo aparente	Abandono de áreas agrícolas	Reorganizar actividades productivas dentro de ejidos y comunidades	Implementar talleres de capacitación para la ordenación territorial de actividades agrícolas
	Renta de parcelas por ejidatarios	Falta de interés y necesidad	
	Bajos rendimientos unitarios de los cultivos	Manejo y protección del germoplasma regional	Infraestructura
			Paquetes tecnológicos
			Prácticas de conservación
		Surcados en contorno	
		Capacitación para el manejo y seleccionar semillas	
Bosques en serranías	deforestación	Educación ambiental	reforestación
			Mantenimiento de las zonas boscosas
	sobrepastoreo	Evitar daños a la región natural de coníferas	Impulsar vigilancia participativa entre los pobladores locales

Continuación...

DESCRIPCIÓN	PROBLEMA	NECESIDADES	ACCIONES
Matorrales desértico micrófilo	Erosión hídrica laminar	Reducir la erosión	Aplicación de prácticas correctivas (presas de control de azolves, sistemas de borderías, control de cárcavas)
			Obras de conservación (terrazas de formación sucesiva)
Matorral submontano	sobrepastoreo	Reducir daños ocasionados por el sobrepastoreo	Reducir la carga animal por unidad de superficie, de acuerdo a la capacidad de carga del terreno
El agua almacenada	No se aprovecha	Implementar un sistema de riego	Bajar fondos, para adquisición de equipo de riego y asesoría técnica.

## Diseño de terrazas de Formación Sucesivas

### Espaciamiento

El espaciamiento entre terrazas se calcula mediante la siguiente formula:

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

IV= Intervalo vertical (m).

P= Pendiente del terreno (%).

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

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

0.305= factor de corrección de unidades.

El intervalo horizontal se estima de la siguiente manera

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

Donde:

IH= intervalo horizontal (m)

P= pendiente del terreno (%).

100= factor de conversión.

IV= intervalo vertical (m).

Datos Conocidos:

P= 3%

3= 475 mm de lluvia anual.

$$IV = \left( 2 + \frac{3}{3} \right) * 0.305 = 0.915m$$

El intervalo horizontal se estima de la siguiente manera:

$$IH = \left( \frac{IV}{P} \right) \times 100$$

Donde:

**IH**= Intervalo horizontal

**P**= Pendiente del terreno en (%).

**100**= Factor de conversión

**IV**= Intervalo vertical (m).

$$IH = \left( \frac{0.915}{3} \right) \times 100 = 30.5m$$

Los trabajos que se llevan a cabo en el campo son desde el punto de vista técnico bastante sencillo pero de una utilidad amplia por lo que se refiere a evitar la erosión y además lograr un aprovechamiento máximo del agua.

El trazo de las curvas de nivel para la construcción de terrazas de formación sucesivas se lleva a cabo de manera directa en el campo con nivel fijo de preferencia, pudiéndose trabajar hasta con tres estadales, dependiendo de las características del terreno, como son la pendientes, vegetación y demás factores que puedan influir en el trazo.

Teniendo el intervalo vertical con que vamos a trazar las curvas, se procede a iniciar el trabajo en la forma siguiente.

El trazo se debe iniciar en la parte más alta para evitar que el agua tome fuerza y arrase los bordos trazados en las partes bajas.

El número de estadales que se emplean depende como decíamos anteriormente, de las características que tenga el terreno, en este caso tenemos una pendiente media de 3% y un intervalo vertical de 0,915 calculado, pero utilizaremos 1m por más práctico.

La altura del aparato de nivel fijo, dependerá del observador, pero buscare el desnivel de 1m, porque es el espaciamiento vertical que se cálculo entre terrazas, para una mayor facilidad en este caso, ya que se tiene el plano del terreno con las curvas de nivel y el cálculo del intervalo horizontal se procede a caminar a una distancia de 30m y marcar el primer punto. Luego ir buscando puntos de igual altura y marcando con estacas. De la misma manera se harán para las próximas terrazas.

El total de terrazas que se sugiere construir en esta parcela es de 3 como se muestra en la Figura 11.

### Capacidad del canal

El canal de una terraza con declive, debe tener capacidad suficiente para conducir el volumen de escurrimiento de una lluvia de 24 horas con un periodo de retorno de 5 años. En cambio las terrazas a nivel y con declive hacia desagües subsuperficiales que almacenen agua, deben diseñarse para mantener el volumen de escurrimiento de una lluvia máxima de 24 horas con periodo de retorno también de 5 años (colegio de postgraduados (1971)).

Cuadro 23. Declives máximos permisibles en los canales de las terrazas

Longitud de la terraza (m)	Pendiente (%)	
	Suelos erodibles (arenosos o francos)	Suelos resistentes a la erosión (arcillosos)
Mayor de 150m	0.35	0.50
60 – 150m	0.50	0.65
30-60	1.00	1.50
Menor de 30 m	2.00	2.50

Cuadro 24. Velocidades máximas para canales

Características del suelo	Velocidad máxima (m/s)*
Suelos con alto contenido de materia orgánica.	0.75
Suelos normales	0.60
Suelos muy erodibles	0.45

\*Este valor se calcula con la formula de Manning

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

**Donde:**

**V=** Velocidad máxima m/s

**r=** Radio hidráulico

**s=** Pendiente en metro por metros

**n=** Coeficiente de rugosidad

#### **Cálculo de las dimensiones del canal**

- a) Se calcula el volumen de escurrimiento que llevara el canal, para lo cual se utiliza la formula.

$$Q = 0.028 C L A$$

Donde:

**Q=** Escurrimiento máximo (m<sup>3</sup>/s)

**C=** Coeficiente de escurrimiento

**L=** Lluvia máxima en 24 horas para un periodo de retorno (**F**) de 5 años (cm)

**A=** Área de la terraza en (ha)

Para este tipo de suelo, referenciándose en el Cuadro 23 por la longitud de la terraza, llegamos a clasificar en el Cuadro 24 la velocidad máxima permisible que es de 0.45 m/s, y como la operaremos con vegetación será 0.225 m/s.



El periodo de retorno se cálculo como se muestra en el Cuadro 25. Con la siguiente formula:

$$F=n/m$$

F= periodo de retorno

Donde:

n= periodicidad

m= numero de orden

Cuadro 25. Cálculo del periodo de retorno y probabilidad de lluvia en la estación 005145 de San Juan de la Vaquería, Saltillo, Coahuila 1980-1998

Año	Precip.máxima mm	No. De orden	Precip.máxima (mm)	Periodo de retorno (años)	Probabilidad de la lluvia (%)
1980	70,0	1	156	19,0	5,0
1981	123,0	2	155,5	9,5	10,0
1982	94,0	3	137	6,3	15,0
<b>1983</b>	<b>134,0</b>	<b>4</b>	<b>134,5</b>	<b>4,8</b>	<b>20,0</b>
1984	118,5	5	134	3,8	25,0
1985	105,0	6	133	3,2	30,0
1986	156,0	7	131	2,7	35,0
1987	131,0	8	124	2,4	40,0
1988	133,0	9	123	2,1	45,0
1989	89,0	10	118,5	1,9	50,0
1990	134,5	11	116,5	1,7	55,0
1991	90,0	12	105,5	1,6	60,0
1992	116,5	13	105	1,5	65,0
1993	137,0	14	94	1,4	70,0
1994	105,5	15	90	1,3	75,0
1995	155,5	16	89	1,2	80,0
1996	79,0	17	81,3	1,1	85,0
1997	124,0	18	79	1,1	90,0
1998	81,3	19	70	1,0	95,0

Cálculo del volumen de escurrimiento que llevara el canal.

Datos conocidos:

$$C= 0.36$$

L= 9.9 cm, dato obtenido de la estación meteorológica con clave: 00005060  
Derramadero, Coahuila E.T.A. 10.

$$A= 0.37 \text{ ha}$$

$$Q= (0.364) (13.45) (0.37)= \mathbf{0.05072 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$Q= 50.72 \text{ l/s}$$

- b) Calcularemos la velocidad máxima permisible en el canal de acuerdo a con las características del suelo, según el cuadro 24.

El primer cálculo que se hace con la velocidad permisible que se toma del cuadro 24, es para que después se compare con la formula de Manning, esperando que sea menor o igual que la permisible, si ocurre lo contrario se tendrá que proponer valores de dimensiones del canal.

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

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

Donde:

A= Área transversal

Q= Escurrimiento máximo ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

V= Velocidad máxima del agua en el canal en funcionamiento ( $\text{m/s}$ )

Para este tipo de suelo se selecciona la velocidad permisible que es de 0.45  $\text{m/s}$ . Para saber este dato se tiene que conocer la longitud de la terraza y después irse al cuadro 24.

d) Conocido el volumen máximo por escurrir y la velocidad máxima permisible, se calcula el área de la sección transversal como se describe:

$$A = \frac{Q}{V} \quad A = \frac{0.05072}{0.45} = 0.1127 M^2$$

e) Como se desea un canal rectangular se propone la longitud con una base de 0.9 m.

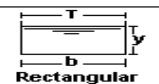
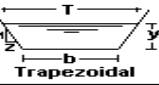

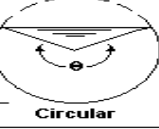

Sección	Area hidráulica A	Perímetro mojado P	Radio hidráulico R	Espejo de agua T
 Rectangular	$by$	$b+2y$	$\frac{by}{b+2y}$	$b$
 Trapezoidal	$(b+zy)y$	$b+2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{(b+zy)y}{b+2y\sqrt{1+z^2}}$	$b + 2zy$
 Triangular	$zy^2$	$2y\sqrt{1+z^2}$	$\frac{zy}{2\sqrt{1+z^2}}$	$2zy$
 Circular	$\frac{(\theta - \text{sen}\theta)D^2}{8}$	$\frac{\theta D}{2}$	$(1 - \frac{\text{sen}\theta}{\theta}) \frac{D}{4}$	$\frac{(\text{sen}\frac{\theta}{2}) D}{2\sqrt{y(D-y)}}$
 Parabólica	$\frac{2}{3} Ty$	$T + \frac{8y^2}{3T}$	$\frac{2T^2y}{3T+8y^2}$	$\frac{3A}{2y}$

Figura 10. Notaciones y fórmulas para las secciones transversales de los canales

De la Figura 10 se obtiene los datos siguientes para un canal rectangular:

$$A = by \quad \text{despejando} \quad y = \frac{A}{b}$$

**Sustituyendo se obtiene:**

$$y = \frac{0.22542}{0.9} = \mathbf{0.125}$$

e.1. Cálculo del perímetro de mojado

$$P = b + 2y$$

$$P = 0.9 + (2)(0.125) = 1.15 \text{ m}$$

e.2. con los valores de A y P se calcula el radio hidráulico, por medio de la siguiente formula:

$$r = \left( \frac{A}{P} \right)$$

$$r = \left( \frac{0.22542}{1.15} \right) = \mathbf{0.09797} \quad (r)^{2/3} = 0,2125$$

Entrando en el Cuadro 23 obtenemos la pendiente de 0.50% (s=0.005 m/m). y el coeficiente de rugosidad (n=0.033) de Manning en el cuadro 26.

Cuadro 26. Valores de coeficiente de rugosidad de Manning.

	Coeficiente de Manning
<b>Cunetas y canales sin revestir</b>	
En tierra ordinaria, superficie uniforme y lisa	0,020-0,025
En tierra ordinaria, superficie irregular	0,025-0,035
En tierra con ligera vegetación	0,035-0,045
En tierra con vegetación espesa	0,040-0,050
En tierra excavada mecánicamente	0,028-0,033
En roca, superficie uniforme y lisa	0,030-0,035
En roca, superficie con aristas e irregularidades	0,035-0,045
<b>Cunetas y Canales revestidos</b>	
Hormigón	0,013-0,017
Hormigón revestido con gunita	0,016-0,022
Encachado	0,020-0,030
Paredes de hormigón, fondo de grava	0,017-0,020
Paredes encachadas, fondo de grava	0,023-0,033
Revestimiento bituminoso	0,013-0,016
<b>Corrientes Naturales</b>	
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente	0,027-0,033
Limpias, orillas rectas, fondo uniforme, altura de lamina de agua suficiente, algo de vegetación	0,033-0,040
Limpias, meandros, embalses y remolinos de poca importancia	0,035-0,050
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados	0,060-0,080
Lentas, con embalses profundos y canales ramificados, vegetación densa	0,100-0,200 <sup>1</sup>
Rugosas, corrientes en terreno rocoso de montaña	0,050-0,080
Áreas de inundación adyacentes al canal ordinario	0,030-0,200 <sup>1</sup>

Con los valores de  $r^{2/3}$  y  $s^{1/2}$  y considerando que  $n= 0.033$  se resuelve la formula de Manning.

$$V = \left( \frac{r^{2/3} s^{1/2}}{n} \right)$$

$$V = \left( \frac{(0.09797)^{2/3} (0.005)^{1/2}}{0.033} \right) = 0.4554 \text{ m/s}$$

Como la velocidad obtenida es igual que la permisible (0.45 m/s), se considera que la profundidad de corte (d) utilizada en este tanteo, es la adecuada. En este caso de que se hubiera encontrado un valor mayor o menor a este se vuelve a efectuar el cálculo.

Las dimensiones de los bordos deberán ser a la del canal de desagüe.

$$b = 0,9 \text{ m}$$

$$y = 0,125 \text{ m}$$

Teniendo estos parámetros se procede a hacer el plano de construcción, como se muestra en la Figura 11.

El canal de desagüe principal se calcula para 1 Ha y proponiendo de igual manera la longitud nos arroja los siguientes valores

$$\mathbf{b=2 \text{ m}}$$

$$\mathbf{y=0,22 \text{ m}}$$

Además que la vegetación que llevara en los bordos frena la velocidad del agua y ayuda a que no se derrumben como se muestra en la Figura 11.

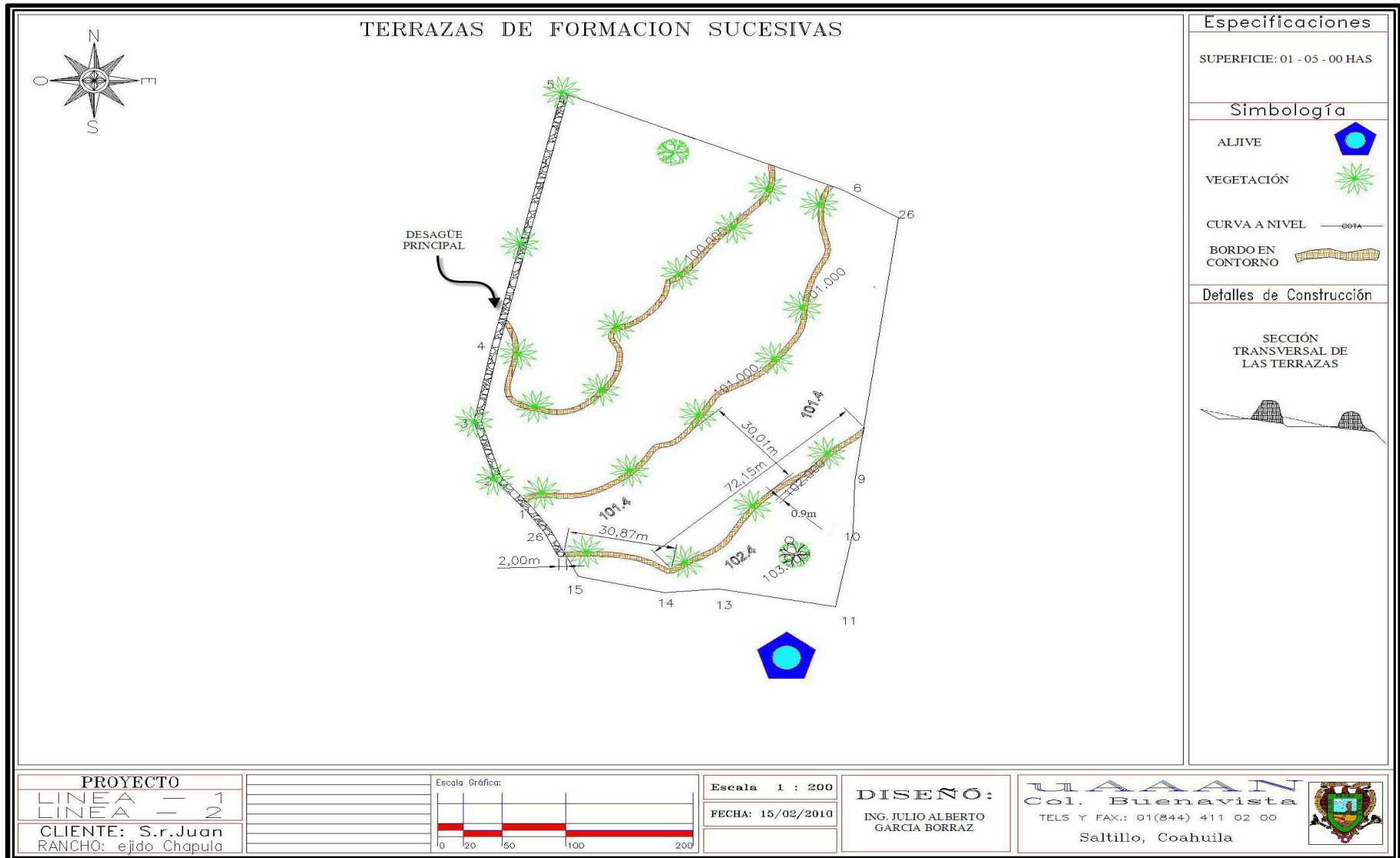


Figura 11. Plano de construcción de terrazas de formación sucesiva

La superficie que se diseño es una obra pequeña a nivel parcela, pero se puede realizar a escalas mayores y con longitud menor de 400m debido a que mayores distancias no hay una buena distribución del agua en la superficie.

## **V. CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIÓN**

Los resultados obtenidos como son pendientes, tiempo de concentración, volumen de escurrimiento, pH del suelo, textura del suelo, etc. Son la pauta que se consideró para hacer un plan de actividades a nivel espacial como a nivel parcela.

El factor humano es de mucha relevancia, porque es el que interactúa con el medio y es el principal causante del desequilibrio ecológico, a si que se debe concientizar a la comunidad.

Bajo el análisis que se realizó en el Ejido de Chapula, es de suma importancia conocer los aspectos edafológicos, geológicos, hidrológicos, topográficos, textura, pH del suelo, ya que nos permite conocer las peculiaridades, tales como el manejo agrícola, el manejo del recurso agua y suelo.

El suelos es el universo de la vida como el agua, los dos factores siempre van aunado y por eso es el estudio y el análisis de ambos nos sirve para prevenir y mantener nuestros recursos naturales.

Los beneficios de la restauración de suelos, se resumen en ambientales y económicos. Los ambientales se generan en el terreno al retener los arrastres del suelo, incrementar la infiltración de agua de lluvia y, cuando se acompaña de reforestación, el incremento en la sobrevivencia de la misma. Los beneficios económicos se generan al crear empleos temporales en los pobladores involucrados. Aunado a lo anterior, se generan beneficios

sociales que, aunque no son cuantificables, involucran y hacen partícipes a los pobladores como parte importante del éxito de un proyecto, fomentando una cultura de conservación y restauración.

Los resultados del presente trabajo, permitirán ubicar geográficamente las acciones de producción, conservación y restauración de acuerdo a la aptitud y al estado en que se encuentran las áreas (unidades de gestión ambiental) de la cuenca del Ejido de Chapula, municipio de Saltillo, Coahuila.

El conjunto de acciones que definirán el plan de manejo integral de la cuenca deberá ser convenido entre los productores y los encargados de los programas gubernamentales de apoyo al desarrollo rural y con el compromiso de cumplir a todos los acuerdos que se establezcan.

El diseño que se realizó en la parcela de 1.5 hectáreas y las propuestas que se hicieron, pueden abarcar más áreas debido a que se tienen los análisis y estudios realizados para poder aprovechar y controlar los escurrimientos superficiales evitando la erosión de los suelos agrícolas.

Durante el desarrollo de la prospección y análisis de la información, las propuestas de manejo de la cuenca se orientan hacia la sustentabilidad de las actividades económico-productivas, la restauración del equilibrio de los ecosistemas, proteger la biodiversidad, mejorar las condiciones de vida de los habitantes, proteger el potencial de recarga de los acuíferos e incrementarlo, además de sentar las bases para un desarrollo sostenible que asegure el bienestar de las futuras generaciones.



El mayor problema que se puede visualizar a futuro, tomando referencia el cuadro 8, es que la gente de temprana edad tiende a emigrar para buscar trabajo en los lugares mas urbanizados y no trabaje las tierras, esto causa un gran efecto porque luego el campesino tiende a vender sus tierras y perder su identidad campesina.

Al llevar a cabo un plan de acciones contempla tener una perspectiva clara y amplia para gestionar proyectos que a la vez crean empleos a los participantes de la comunidad.

La cuenca del Ejido de Chapula tiene una pendiente ondulada y una red de drenaje de orden 2, tiene también corrientes que se infiltran, o sea, que no se unen a la red principal, por lo cual podemos decir que no es de mucho riesgo por sus características, pero sin embargo se deben tomar algunas precauciones con respecto a las lluvias torrenciales que son las de mayor riesgo y unas de las recomendaciones que se proponen es el de no construir casas en pendientes muy pronunciadas mayores de 30% de pendiente.

En el diseño de “terrazas de formación sucesiva” se recomienda que después de cada cosecha dejen el suelo con cobertura vegetal, esto evita que las gotas de lluvia erosionen el suelo, y haya mejor retención de humedad.

## VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio M. F. 1987. Fundamentos de hidrología de superficie. Edit. LIMUSA, Cuernavaca, Morelos, Mex. Pag 20-21,28.
- Becerra, M. A. 2005. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Mex. Pag 54-55,59-61,68-71, 76, 241-249, 256-260.
- Becerra M. A. 1996. Erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo, Mex. Pag. 54-55.
- Basterrechea, M. A. 1996. Lineamientos para la preparación de proyectos de manejo de cuencas hidrográficas para eventual financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo. BID. EUA. Pag. 20.
- Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México. P. 3-20.
- CORTALC. 1995. Conservación y rehabilitación de tierras de América Latina y el Caribe. Londrina. Brasil pag. 35.
- Castro, N. , C. Ronzoni. , J. M. Llanes. , M. Riverol y E. Valero. 1989. Comprobación de la eficacia de la dirección de los surcos en el control de la erosión en el cultivo del tabaco. Inédito. En Instituto de suelos. La Habana. Pag.8
- Colegio de Postgraduados, 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. Chapingo, México. Pag. 239-241,246-247.

- Carmona P. E. 2006. Efectos de la aplicación de lodo residual como mejorador de suelos agrícolas. Tesis de licenciatura. UAAAN. Pág. 4-5.
- CONAGUA Y SEMARNAT. 2009. Cuencas hidrológicas. [www.conagua.gob.mx/OCR](http://www.conagua.gob.mx/OCR). 30 Ene. 2010
- Challenger, 1998. Principales Causas de Pérdida de Hábitat. México, D.F. <http://www.ine.gob.mx/con-eco-ch/385-hc-perdida>. Consultado 18 Nov. 2009. 5 Feb. 2010.
- Calderón P.2009. Erosión del suelo en México empobrece la calidad de la alimentación de la población. México, D.F. Disponible en <http://www.diversidadambiental.org/medios/nota166.html>. Consultado 5 Feb. 2010.
- FAO, 1994. Erosión de los suelos en América latina. Suelos y aguas. <http://www.fao.org/docrep/T2351S/T2351S00.htm>.25 Ene. 2010.
- INIFAP, 2006. Propuestas de plan de manejo en la microcuenca de “san Juan de la Vaquería”. Saltillo, Coahuila, mex.
- Montes de Oca M. M.1996.Topografía. 4ª. Edición. Edit. ALFA OMEGA, S.A de C.V. pág. 122.
- Morgan. 1997. Erosión y conservación del suelo. Edit.Mundi-Prensa México S. A de C.V. México, DF.
- Porras, P. y A. Otero. 1984. Labranza mínima y uso racional de abono orgánico En: CIMCT. MCTMA. Pinar del Río. 10p.

Riverol, M., E. Cabrera, J. M. Llanes, J. M. Hernández, A. Otero, N. Castro y F. Peña. 1996. IV Jornada Científica del Instituto de Suelos y II Taller Nacional sobre Desertificación. Resúmenes. p.129.

Stocking, M y N. Murnaghan. 2003. Ediciones mundi-prensa (ed.española).  
P.1-15

Zarate L. A. 2003. Sistemas de Información Geográfica para el Manejo y Planeación por Microcuencas (SIGMAPLAM). Saltillo, Coahuila, Mex.