

67



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
IZTACALA

“CARACTERIZACION Y EVALUACION DEL RECURSO SUELO MEDIANTE LA APLICACION DE UN SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA EN EL ALTO MEZQUITAL, HIDALGO”

297397

T E S I S

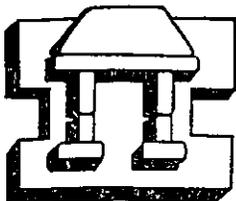
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

B I O L O G O

P R E S E N T A :

MAYRA MONICA / HERNANDEZ MORENO

DIRECTOR DE TESIS: BIOL. FRANCISCO LOPEZ GALINDO



IZTACALA

LOS REYES IZTACALA, ESTADO DE MEXICO

2001



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



“La felicidad de estar hoy aquí, no pasará...”

**Tomasa Pérez**



## DEDICATORIA

A mi hija **Ana Carolina**, que con su llegada vino a enseñarme el secreto más maravilloso de la vida.  
¡Gracias por ser la felicidad en mi vida  
y brindarme tu tiempo y espacio!

A **Luis Daniel**<sup>†</sup>, ángel inigualable, que como pocos en la historia de la vida, vino a transformar el dolor en amor.  
¡Gracias por compartir tu enseñanza conmigo!

A mi **madre** por ser guerrera incansable y enseñarme a amar todo lo que uno hace en la vida, ser mi apoyo incondicional y estar junto, detrás y frente a mí ¡en todo momento!

A mi **padre** por ser mi guía, mi ejemplo y mi apoyo en el silencio y enseñarme a no vencerme en la búsqueda de una meta. ¡Te quiero mucho!

A **Vane** por nunca rendirse, ni en los momentos más difíciles y tener siempre una sonrisa y una palabra de aliento que me han ayudado a seguir adelante.

A **Pedrito** “Perro” por ser el complemento perfecto del “canguro” y por el apoyo incondicional que nos has brindado ¡siempre!

A Tita **Carmina** por ser mi segunda madre.  
Gracias por tus consejos, tu gran ayuda y sobre todo tu amor.

A **Panchito** (“Willis”), **Dani** (“Jefe”) y **Poncho** (“compañero del camino”), por ser más que mis compañeros, mis amigos, mi familia.  
¡Son mis grandes fantásticos!

A toda mi **familia** que en su momento me han brindado su ayuda y compañía, pero sobre todo su amor y confianza.

LOS QUIERO MUCHO!!!



## AGRADECIMIENTOS

Al Biól. Francisco López Galindo por dirigir esta tesis y por su ayuda y apoyo incondicionales, pero sobre todo por enseñarme que el trabajo del biólogo no se limita a un aula o a un laboratorio, sino que más allá de esas cuatro paredes existe un mundo afuera que es el que verdaderamente nos nutre... el campo y su gente.

Al M. en C. Daniel Muñoz Iniestra por su confianza, apoyo y sus grandes enseñanzas. Por ser mi “maestro” y enriquecer mi trabajo y formación como bióloga y como persona. Por todas las aportaciones que mejoraron esta tesis.

Al Dr. Rafael Lira Saade por creer en mí y darme el impulso y la fuerza para concluir este trabajo. Por sus palabras de aliento y sus valiosos comentarios. ¡Gracias por todo Rafa!

Al Biól. Daniel Ocaña por introducirme al mundo de los sistemas de información geográfica y por sus consejos, observaciones y aportaciones para mejorar este trabajo. ¡Gracias por tu paciencia!

Al Biól. Arnulfo Reyes Mata por encaminarme al mundo de la cartografía y por revisar este trabajo. ¡Gracias Jefe!

A Alfonso Soler Aburto por apoyarme en el trabajo diario y estar siempre pendiente de mi bienestar, pero sobre todo por ser mi amigo y “compañero del camino”. ¡Sigues tú!

A la Dra. Patricia Dávila por la confianza que me ha brindado desde el principio y el apoyo para continuar con mi trabajo, pero sobre todo por ser una de las más grandes fuentes de admiración y respeto.

A la UBIPRO por el apoyo para la conclusión de este trabajo y por ser el recinto en donde he crecido profesionalmente.

Al M. en C. Ignacio C. Winfield Aguilar por mostrarme el mundo de la Biología, iniciarme en este camino y traerme a Iztacala, pero sobre todo por ser mi amigo.

A todos los profesores de la ENEP Iztacala, que se esforzaron cada día por enriquecer mi formación profesional.

A mis amigos: Maritza Lozano (“comadre”) Diana Juárez y Alejandro Rodríguez (“flacos”) por estar conmigo en las buenas, en las malas y en las peores. Por su amistad y confianza.

A los edafoamigos: Andresito, Gus, Pedro, Jose, Anita, Mauricio, Verito, Isabel, Vero, Rocío, Dulce, Gaby, Carlos, Aarón, y los "compadritos" Ismael, Eu, Carmen y Mau por echarme porras y refrescar con su presencia mi vida.

A Luis, Carmen, Rodolfo, Yolotzin, Dianita, Andrea, Ubaldo, Cristina, compañeros del "dos". Por esas prácticas de campo y por enseñarme lo que es el compañerismo y el trabajo en equipo.

A todos los estudiantes que me han enseñado a enseñar.

A la ENEP Iztacala por ser mi escuela, mi casa, mi trabajo y mi superación.

A toda la comunidad del Dexthí por permitirme conocer ese mundo que es fuente de inquietudes y crecimiento para los edafólogos de Iztacala.

A la familia Pérez: Delfina, Aurelio, Laurita y Aurelito por acogerme en el seno de su familia y brindarme de todo corazón su casa, su tierra y su cariño.

A Doña Tomasa por sus sabias palabras y enseñanzas, que en su momento me hicieron recapacitar y mirar la vida bajo otra perspectiva. Por ser esa mujer incansable a quien siempre recordaré.

A todos los niños hñahñu que con su sonrisa me devuelven la fé y la esperanza.

***A todos mil gracias!!!***



---

	PÁGINA
RESUMEN	
1. INTRODUCCIÓN .....	1
2. JUSTIFICACIÓN .....	2
3. ANTECEDENTES .....	3
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA .....	8
4.1 Sistemas de Información Geográfica .....	8
4.1.1 Definición .....	8
4.1.2 Partes operativas de un SIG .....	8
4.1.3 Procesos funcionales de un SIG .....	9
4.1.4 Ventajas y desventajas del uso de los SIG .....	12
4.1.5 Aplicaciones de los SIG .....	13
5. OBJETIVOS .....	14
5.1 Objetivo general .....	14
5.2 Objetivos particulares .....	14
6. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA INVESTIGADA .....	15
6.1 Localización geográfica y política .....	15
6.2 Superficie, límites y acceso .....	15
6.3 Regionalización administrativa .....	15
6.4 Regionalización ecológica y fisiografía .....	15
6.5 Geología .....	19
6.5.1 Geología histórica .....	19
6.5.2 Estructura geológica y litología .....	19
6.6 Suelos .....	20
6.7 Clima .....	21
6.7.1 Generalidades .....	21
6.7.2 Datos climatológicos .....	21
6.7.3 Tipo de clima .....	23
6.8 Hidrología .....	24
6.9 Vegetación .....	24
7. MATERIALES Y MÉTODOS .....	26
7.1 Integración de información .....	26
7.1.1 Obtención de datos cartográficos .....	26
7.1.2 Manejo y almacenamiento de datos de los suelos del área .....	30
7.1.3 Transformación y análisis de datos .....	30

---

7.1.4. Presentación de productos .....	31
7.2 Elaboración del reporte técnico .....	31
7.3 Edición final de la cartografía digital .....	31
<b>8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>32</b>
8.1 Caracterización de los Grupos Mayores y Unidades de suelo .....	32
8.1.1 Generalidades .....	32
8.1.2 Descripción de los Grupos Mayores y Unidades de suelos detectadas .	35
8.1.2.1 Descripción del Grupo Mayor Fluvisol (FL) .....	35
8.1.2.2 Descripción del Grupo Mayor Leptosol (LP) .....	44
8.1.2.3 Descripción del Grupo Mayor Luvisol (LV) .....	56
8.1.2.4 Descripción del Grupo Mayor Regosol (RG) .....	61
8.1.2.5 Descripción del Grupo Mayor Vertisol (VR) .....	68
8.1.2.6 Descripción del Grupo Mayor Feozem (PH) .....	73
8.1.2.7 Descripción del Grupo Mayor Cambisol (CM) .....	81
8.2 Tipos de vegetación y uso actual del suelo .....	88
8.2.1 Generalidades .....	88
8.2.2 Descripción de los tipos de vegetación y uso de suelo determinados en el área de estudio .....	91
8.2.2.1 Bosque de pino (BP) .....	91
8.2.2.2 Bosque de encino (BQ) .....	91
8.2.2.3 Bosque de enebro (BJ) .....	91
8.2.2.4 Bosque de galería y vegetación riparia (BG) .....	92
8.2.2.5 Matorral inerme de <i>Flourensia resinosa</i> (MI) .....	92
8.2.2.6 Matorral subinerme (MB) .....	93
8.2.2.7 Matorral espinoso deciduo (MED) .....	93
8.2.2.8 Matorral crasicaule (MC) .....	94
8.2.2.9 Matorral espinoso de <i>Prosopis laevigata</i> (MEp) .....	94
8.2.2.10 Matorral crasi-rosulifolio (MCR) .....	94
8.2.2.11 Matorral rosetófilo (MR) .....	95
8.2.2.12 Selva baja caducifolia (SB) .....	95
8.2.2.13 Agricultura de riego (R) .....	96
8.2.2.14 Agricultura de temporal (T) .....	97
8.3 Evaluación de la erosión .....	99
8.3.1 Generalidades .....	99
8.3.2 Cálculo del índice de erosión potencial laminar (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993) .....	99
8.3.2.1 Erosión potencial laminar hídrica .....	100
8.3.2.2 Erosión potencial laminar eólica .....	104
8.3.3 Clasificación de áreas erosionadas por pérdida de cobertura, (FAO 1954 En: Sánchez, 1992) .....	108
8.3.4 Comparación de los niveles de erosión determinados con las distintas metodologías utilizadas .....	112

9. CONCLUSIONES .....	115
10. SUGERENCIAS .....	117
11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA .....	118
12. ANEXOS .....	124
Mapa de litología superficial, Alto Mezquital, Hidalgo .....	125
Mapa de Regionalización Ecológica del Alto Mezquital, Hidalgo (Sistemas Ecogeográficos).....	126

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PÁGINA
1. Procesos funcionales de un SIG (Soria <i>et al.</i> , 1998).....	11
2. Área de estudio.....	16
3. Temperaturas máximas y mínimas (1982-1985).....	21
4. Climograma de la estación Ixmiquilpan (datos obtenidos de la estación meteorológica hasta 1991) .....	22
5. Climograma de la estación Santuario (datos obtenidos de la estación meteorológica hasta 1991) .....	22
6. Gráfica de superficies de Grupos Mayores de suelos determinados .....	34
7. Perfil y vista panorámica de un Fluvisol Éútrico .....	43
8. Perfil y vista panorámica de un Fluvisol Calcárico .....	43
9. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Éútrico .....	54
10. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Lítico .....	54
11. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Mólico .....	55
12. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Réndzico .....	55
13. Perfil y vista panorámica del Luvisol Crómico .....	60
14. Perfil y vista panorámica del Regosol Éútrico .....	67
15. Perfil y vista panorámica del Regosol Calcárico .....	67
16. Perfil y vista panorámica del Vertisol Éútrico .....	72
17. Perfil y vista panorámica del Feozem Háptico .....	80
18. Perfil y vista panorámica del Feozem Calcárico .....	78
19. Perfil y vista panorámica del Cambisol Éútrico .....	85
20. Gráfica de superficies de tipos de vegetación y uso del suelo determinados ..	90
21. Gráfica de superficies de erosión potencial laminar hídrica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE,1993) determinados .....	102
22. Gráfica de superficies de erosión potencial laminar eólica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE,1993) determinados .....	106
23. Gráfica de superficies de erosión por pérdida de cobertura (FAO, 1954 En: Sánchez, 1992) .....	110
24. Comparación entre los criterios de erosión determinados .....	112

## ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PÁGINA
1. Relación de superficies y porcentajes de las distintas porciones de los Sistemas Ecogeográficos del Alto Mezquital (López, 2001) . . . . .	17
2. Grupos Mayores y Unidades de suelo reconocidas en la zona. . . . .	33
3. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Fluvisoles Éutricos. . . . .	39
4. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Fluvisoles Calcáricos . . . . .	40
5. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Fluvisoles Éutricos . . . . .	41
6. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Fluvisoles Calcáricos . . . . .	42
7. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Éutricos. . . . .	47
8. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Líticos. . . . .	48
9. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Mólicos. . . . .	48
10. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Réndzicos. . . . .	49
11. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Leptosoles Éutricos . . . . .	50
12. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Leptosoles Líticos . . . . .	51
13. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Leptosoles Mólicos . . . . .	52
14. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Leptosoles Réndzicos . . . . .	53
15. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Luvisoles Crómicos. . . . .	58
16. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Luvisoles Crómicos . . . . .	59
17. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Regosoles Éutricos. . . . .	63
18. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Regosoles Calcáricos . . . . .	64
19. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Regosoles Éutricos . . . . .	65
20. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Regosoles Calcáricos . . . . .	66
21. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Vertisoles Éutricos. . . . .	70
22. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Vertisoles Éutricos . . . . .	71
23. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Feozem Háplicos. . . . .	76
24. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Feozem Calcáricos . . . . .	77
25. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Feozems Háplicos . . . . .	78
26. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Feozems Calcáricos . . . . .	79
27. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Cambisoles Éutricos. . . . .	83
28. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Cambisoles Éutricos . . . . .	84
29. Superficies de los Grupos Mayores y Unidades de suelo identificadas en la zona de estudio. . . . .	86

30. Superficie del los tipos de vegetación y/o uso actual del suelo .....	89
31. Cálculo del PECRE a partir de los valores promedio de precipitación .....	100
32. Cálculo del IALLU y del IAVIE obtenidos a partir de los PECRE respectivos. .	100
33. Superficie de la erosión potencial laminar hídrica (FAO, 1980 por SEDESOL-INE,1993) .....	100
34. Superficie de la erosión potencial laminar eólica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE,1993) .....	104
35. Superficie de áreas erosionadas por pérdida de cobertura (FAO,1954) .....	108
36. Comparación de los resultados obtenidos a partir de los dos criterios aplicados para calcular erosión .....	112

## ÍNDICE DE MAPAS

MAPA No.	PÁGINA
1. Grupos Mayores y Unidades de suelo, determinadas de acuerdo a FAO,1988 .....	87
2. Uso del suelos y tipos de vegetación, Alto Mezquital, Hidalgo .....	98
3. Índice de erosión potencial laminar hídrica, Alto Mezquital, Hidalgo (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993). .....	103
4. Índice de erosión potencial laminar eólica, Alto Mezquital, Hidalgo (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993). .....	107
5. Áreas erosionadas por pérdida de cobertura, Alto Mezquital, Hidalgo (FAO, 1954) .....	111

## RESUMEN

Es por muchos reconocida la importancia del suelo como recurso natural; sin embargo, éste se ha ido perdiendo a velocidades extremas por el mal uso y manejo que se le ha dado. En el Valle del Mezquital, Hidalgo esta situación no es la excepción, ya que presenta un deterioro ambiental muy acentuado. Muchas han sido las formas de abordar esta problemática, una de ellas es la elaboración de inventarios de recursos naturales de la zona con el fin de hacer un balance de ellos, lo cual ha derivado en la generación de una gran cantidad de información en cuanto a la caracterización y evaluación de los suelos. De aquí surge la necesidad de conjuntar esa información en una base de datos, utilizando una importante herramienta: los Sistemas de Información Geográfica, que facilitan el manejo, manipulación y transformación de datos y ayudan en el análisis e integración de ellos, promoviendo así la predicción de eventos y toma de decisiones. Por lo que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar y evaluar el recurso suelo del Alto Mezquital, Hidalgo, mediante el uso de un Sistema de Información Geográfica. Para ello se retomó gran parte de la información generada en los trabajos realizados previamente en la zona y se introdujo al Sistema. El software utilizado fue ILWIS para Windows versión 2.23. Se obtuvo la cartografía temática básica de la zona en escala 1:50,000, cubriendo un total de 72,000 ha aproximadamente: edafología, que muestra la distribución de los Grupos Mayores y Unidades de Suelos de acuerdo a FAO (1988), siendo el de mayor distribución el Leptosol con 39.4%. Tipos de vegetación y uso del suelo, en el que el matorral crasicaule ocupa una superficie del 12.38% y la agricultura de temporal un 23.27%. Áreas erosionadas por pérdida de cobertura de acuerdo al sistema FAO de 1954 e isoyetas. Se elaboró una base de datos de los parámetros físicos y químicos superficiales de las unidades de suelo del área. Finalmente y con el objeto de realizar un análisis con ayuda del SIG, se calculó el índice de erosión potencial laminar de acuerdo FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993) que determina la pérdida de suelo en ton/ha/año por erosión hídrica y eólica, obteniéndose los mapas respectivos mediante el cruce de la información básica generada previamente. Se concluye que: los suelos identificados presentan diferente grado de desarrollo evolutivo, pues se encontraron suelos jóvenes como: Leptosoles, Fluvisoles, Regosoles y Vertisoles; y maduros como Feozems y Luvisoles. Esto indica que el área se encuentra en una zona de heterogeneidad geomorfológica, como lo indican los Sistemas Ecogeográficos, y de transición climática. Por lo que la diversidad de los Grupos de suelos depende de las condiciones fisiográficas, tipo de sustrato, clima y tiempo de formación; factores que junto con los suelos influyen en el establecimiento de los diferentes tipos de vegetación y usos del terreno. En cuanto a la erosión, se tiene que la zona presenta problemas de erosión potencial laminar entre ligera y moderada considerando los dos criterios aplicados. Para el caso de FAO (1954) representan el 51.54% del área y para el de FAO (1980) se calculó un 89.7% de pérdida de suelo por erosión. Este proceso se podría incrementar considerablemente debido a la presión ejercida por el aumento en la apertura de tierras agrícolas, el sobrepastoreo, la tala y desmontes incontrolados. Por ello es necesario implementar planes y programas de manejo, restauración y conservación que eviten la degradación que potencialmente afectaría al suelo, mediante el uso de los SIG y su correspondiente verificación en campo, ya que facilitan en gran medida el manejo, manipulación y transformación de grandes cantidades de datos, sobre todo cuando se intenta elaborar algún modelo del comportamiento de los recursos naturales. Con ello se pretende: fomentar el aprovechamiento óptimo del suelo, promover una mejor calidad de vida de las poblaciones, la restauración de ambientes, la conservación de los recursos y el manejo sustentable de ellos; contribuyendo así al desarrollo regional.

## 1. INTRODUCCIÓN

Es por muchos reconocida la importancia que el suelo tiene como recurso natural, debido a su función productiva y a que es el generador primario de la actividad económica; además de la función ecológica tan importante que tiene, ya que sostiene la vida terrestre de nuestro planeta. Sin embargo, éste se ha ido perdiendo a velocidades extremas por el mal uso que se le ha dado, como la sobre explotación, el uso y aplicación de sistemas no acordes a su vocación natural y la falta de prevención y planeación de su uso y manejo (Muñoz, 1999).

Por otra parte, cuando se habla de sistemas terrestres se requiere hablar de los problemas que se pueden presentar en ellos, que pueden ser ambientales o productivos. Desde el punto de vista edafológico, veremos que el *suelo* es una parte de los sistemas terrestres, un *recurso natural* y un elemento de los sistemas productivos con determinado uso, el cual puede presentar problemas específicos como la erosión, con la consecuente pérdida del recurso (López, 2001).

Los factores que provocan esta forma de degradación pueden ser naturales, como el clima, pero también socioeconómicos, ya que el hombre puede hacer un mal uso del suelo, aplicando sistemas de producción no acordes a la vocación o aptitud natural de éste (Zárate, 1994). En consecuencia, se requiere hacer una planificación del recurso y una evaluación de su potencial, para lo cual es necesario hacer una valoración de su estado, tanto productivo como físico, evaluando el grado de degradación por erosión que éste pueda presentar.

De esta manera se hace relevante el estudio y caracterización del recurso suelo y la manera de mostrarse cartográficamente, ya que los mapas son representaciones gráficas de las condiciones reales de una zona que proporcionan información concreta sobre el estado del recurso, con la cual se puede hacer una evaluación de su estado para proponer el manejo que se le puede dar de acuerdo a su vocación natural y al uso que se le esté dando (Lillesand y Kiefer, 1979).

Ante esta situación, resalta la importancia de la elaboración de estudios en donde se dé a conocer el inventario de los recursos terrestres de una zona, los parámetros ambientales y las relaciones que existen entre ellos, para saber de qué manera influyen éstas últimas, principalmente en la pérdida del suelo por erosión; y así realizar prospecciones a futuro y hacer una planeación integral de la región, tomando en cuenta el uso que se le da al suelo. Con esto podremos dar las bases y fundamentos a las personas que toman decisiones, para que le den al suelo el peso específico que tiene como recurso en la elaboración de planes y programas de uso y manejo integral de recursos naturales (Ponce-Hernández, 1993a).

Una de las herramientas que pueden ser utilizadas para integrar la gran cantidad de información que de este tipo de estudios se deriva, son los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Soria *et al.*, 1998; ITC, 1997a; Maguire *et al.*, 1991), ya que facilitan el manejo, manipulación y transformación de datos y ayudan en el análisis e integración de ellos, promoviendo así la predicción de eventos y toma de decisiones (Ponce-Hernández, 1993a).

Por lo que el objetivo principal de este trabajo fue integrar la información cartográfica y de parámetros físicos y químicos existente del recurso suelo del Alto Mezquital, mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica. Pretendiendo con esto hacer una valoración de su estado actual, que sirva de base para futuras investigaciones dirigidas a la restauración, conservación y aprovechamiento racional del recurso.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo y en especial el Alto Mezquital, es una zona de gran importancia económica, ecológica y socio-cultural que posee una gran riqueza de recursos naturales, por lo que ha sido ampliamente estudiado a lo largo de muchos años. Esto ha generado una gran cantidad de información en cuanto a la caracterización y diagnóstico de los recursos, en especial del suelo. Sin embargo, esta información se encuentra, hasta cierto punto, dispersa y mal aprovechada pues está en diferentes formatos y no se tiene estructurada de manera formal dentro de una base de datos para poder ser utilizada de forma idónea en la planeación del uso y manejo de los recursos del área. Es por ello que se hace evidente la necesidad de dar formato, dentro de un sistema bien establecido, a toda esa información para su análisis posterior, lo cual puede arrojar datos muy valiosos para la caracterización y evaluación del comportamiento de los recursos, así como para la predicción de eventos y fenómenos y con ello tener bases fundamentadas para proponer estrategias de uso y manejo de los recursos naturales, promoviendo su conservación y restauración.

Para lograr lo anterior, es necesario usar diversas metodologías que permitan realizar el diagnóstico integral de los recursos, con el fin de proponer acciones a corto, mediano y largo plazo que promuevan su restauración, conservación y aprovechamiento, tomando en cuenta tanto a las generaciones actuales, como a las futuras. Por ello ha sido necesario manejar adecuadamente toda la información existente y utilizar la tecnología disponible, que permita hacer el balance global entre lo que hay, en qué cantidad, cómo se puede utilizar y cómo se puede hacer perdurar.

Con este fin, se ha considerado importante promover la realización de trabajos enfocados a la evaluación y manejo de los recursos para poder combinarlos con evaluaciones de impacto ambiental y propuestas de ordenamiento ecológico del área, que sirvan de base para definir programas de manejo y conservación. La estrategia general que se sigue está basada en los lineamientos del desarrollo sustentable y la planeación regional, en donde cabe perfectamente el uso de los sistemas de información geográfica como herramienta inicial para el conocimiento e inventario de los recursos existentes; además de los análisis que con ellos se pueden realizar. De esta manera podremos reconocer la problemática que ahí se vive y definir las propuestas de manejo de recursos y acciones de restauración y conservación de suelos que se establezcan para la toma de decisiones.

Por lo que el objetivo principal de este trabajo fue integrar la información cartográfica y de parámetros físicos y químicos existente del recurso suelo del Alto Mezquital, mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica. Pretendiendo con esto hacer una valoración de su estado actual, que sirva de base para futuras investigaciones dirigidas a la restauración, conservación y aprovechamiento racional del recurso.

## 2. JUSTIFICACIÓN

El Valle del Mezquital en el Estado de Hidalgo y en especial el Alto Mezquital, es una zona de gran importancia económica, ecológica y socio-cultural que posee una gran riqueza de recursos naturales, por lo que ha sido ampliamente estudiado a lo largo de muchos años. Esto ha generado una gran cantidad de información en cuanto a la caracterización y diagnóstico de los recursos, en especial del suelo. Sin embargo, esta información se encuentra, hasta cierto punto, dispersa y mal aprovechada pues está en diferentes formatos y no se tiene estructurada de manera formal dentro de una base de datos para poder ser utilizada de forma idónea en la planeación del uso y manejo de los recursos del área. Es por ello que se hace evidente la necesidad de dar formato, dentro de un sistema bien establecido, a toda esa información para su análisis posterior, lo cual puede arrojar datos muy valiosos para la caracterización y evaluación del comportamiento de los recursos, así como para la predicción de eventos y fenómenos y con ello tener bases fundamentadas para proponer estrategias de uso y manejo de los recursos naturales, promoviendo su conservación y restauración.

Para lograr lo anterior, es necesario usar diversas metodologías que permitan realizar el diagnóstico integral de los recursos, con el fin de proponer acciones a corto, mediano y largo plazo que promuevan su restauración, conservación y aprovechamiento, tomando en cuenta tanto a las generaciones actuales, como a las futuras. Por ello ha sido necesario manejar adecuadamente toda la información existente y utilizar la tecnología disponible, que permita hacer el balance global entre lo que hay, en qué cantidad, cómo se puede utilizar y cómo se puede hacer perdurar.

Con este fin, se ha considerado importante promover la realización de trabajos enfocados a la evaluación y manejo de los recursos para poder combinarlos con evaluaciones de impacto ambiental y propuestas de ordenamiento ecológico del área, que sirvan de base para definir programas de manejo y conservación. La estrategia general que se sigue está basada en los lineamientos del desarrollo sustentable y la planeación regional, en donde cabe perfectamente el uso de los sistemas de información geográfica como herramienta inicial para el conocimiento e inventario de los recursos existentes; además de los análisis que con ellos se pueden realizar. De esta manera podremos reconocer la problemática que ahí se vive y definir las propuestas de manejo de recursos y acciones de restauración y conservación de suelos que se establezcan para la toma de decisiones.

### 3. ANTECEDENTES

El uso de los sistemas computacionales en el estudio de los recursos naturales, parece muy reciente. Sin embargo, ha sido muy extensa la bibliografía referida a estas aplicaciones, por lo que a continuación se presenta una breve historia de su uso:

Navarro y Paulin (1998) mencionan que a partir de la década de los 50's la computación comenzó a ejercer su influencia sobre la cartografía; aunque aquellos que apoyaban la elaboración artesanal de los mapas rechazaron tal situación cuando aparecieron los primeros mapas automatizados, argumentando que las computadoras no estaban hechas para hacer dibujos, sino cálculos, por lo que además se decía que se atentaba contra su calidad.

Así, surgieron dos corrientes sobre la aplicación de la computación para la elaboración de mapas. Una en donde se aceptaba la automatización de la información ya existente, sin perder de vista los principios de la cartografía tradicional, y la otra que daba énfasis al análisis espacial en detrimento de la calidad gráfica.

Debido a esto, se duplicaron muchos esfuerzos, sin embargo, se logró implementar y sistematizar una cartografía automatizada con gran calidad de dibujo, conjugando las facilidades brindadas por la percepción remota, la fotogrametría y las interpolaciones a partir de datos puntuales; además de que se incursionó en el uso de programas orientados a la elaboración de mapas.

Por ello, el uso combinado de sistemas de diseño asistido por computadora (CAD), la percepción remota, las imágenes de satélite, el diseño de bases de datos con gran capacidad de almacén asociados a la cartografía y la fotointerpretación, sentaron las bases tecnológicas para el completo desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica.

Por su parte Soria *et al.* (1998) mencionan que en la década de los 60's en el Laboratorio de Graficación de la Universidad de Harvard, se creó un software para el análisis de información espacial, obteniéndose como resultado el SYMAP, el GRID y el IMGRID, que eran sistemas capaces de hacer sobreposiciones de capas de información a gran velocidad bajo un ambiente de celdas. Sin embargo, de acuerdo a Aronoff citado por Soria *et al.* (1998) el Canada Geographic Information System y el Land Use and Natural Resources Inventory, son considerados como los primeros intentos serios de crear un Sistema de Información Geográfica y dado que los costos y las dificultades técnicas eran muy grandes, su uso era exclusivo de grandes corporaciones, el gobierno o la industria militar.

En México, el uso de los SIG va en aumento, aunque con cierto retraso con respecto a la situación mundial. Sin embargo, su uso no se restringe tan solo a la academia –instituciones tales como la Universidad Nacional Autónoma de México, la Universidad Autónoma Metropolitana, la Universidad Autónoma Chapingo y el Instituto Politécnico Nacional– sino que son utilizados en centros de investigación, empresas particulares y organismos del sector público como: el Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) que elabora las estadísticas del medio geográfico y recursos naturales existentes en todo el país: el

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) que realiza la base de datos sobre clima, suelo y topografía (Soria *et al.*, 1998); la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) que elabora las bases de datos de la situación ambiental y la Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad (Conabio) que realiza los inventarios de la biodiversidad nacional.

De manera general, los trabajos más recientes dirigidos al manejo y conservación de los recursos naturales y desarrollo sustentable, empleando los Sistemas de Información Geográfica son:

- ↳ Muñoz (1990) da una visión general de cómo un SIG puede manejar información cartográfica, relacionada con estudios de recursos naturales, para la elaboración de un inventario y diagnóstico del estado que guarda el recurso suelo. Utiliza el SIG CARTOS para determinar el índice de erosión (de acuerdo a la USLE) y el índice de uso del suelo en la subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac, en el Estado de México. Los resultados obtenidos son plasmados en un mapa de índice de suelo.
- ↳ Sánchez (1992) realizó una cuantificación de la erosión en zonas áridas y semiáridas mediante el uso de sensores remotos (imágenes de satélite), basándose en el método propuesto por la extinta Dirección General de Conservación del Suelo y Agua en 1979. Calculó el riesgo de erosión mediante el método propuesto por FAO en 1980, haciendo uso de los factores de la ecuación universal de pérdida de suelo en el área de influencia del Centro Regional de Zonas Áridas y Semiáridas en Salinas, San Luis Potosí.
- ↳ Cendrero *et al.* (1993) describieron un método para la identificación, mapeo y evaluación de unidades ambientales integrales en la Reserva de la Biósfera de Pozuelos, el cual es aplicado para la valoración y zonificación de la reserva a fin de establecer los lineamientos para la distribución de las acciones de manejo y conservación de la zona.
- ↳ Baker Jr. *et al.* (1994) realizaron una base de datos que permite almacenar información y con la ayuda de varios paquetes computacionales tales como ERDAS (Earth Resources Data Analysis System), ILWIS (Integrated, Land and Water Information System), LTPlus<sup>5</sup> y PC ARC/INFO<sup>5</sup>, elaboraron un Sistema de Información Geográfica para la cuenca del arroyo El Carrizal en Jalisco, México, con la finalidad de evaluar, monitorear y analizar las interacciones suelo-agua. En este trabajo se incluyen análisis de erosión potencial, planeación del uso del suelo y modelos de calidad del agua, como ejemplos de las aplicaciones de los SIG.
- ↳ López (1994) en un trabajo bastante extenso, presentó los resultados obtenidos a partir de la aplicación, en tres estudios de caso, de métodos para realizar evaluaciones geomorfológicas y de aspectos relacionados con el uso de recursos naturales y evaluaciones del medio ambiente (delimitación de unidades ambientales), basando la organización, integración, manejo y análisis de la información en el contexto de un SIG (ILWIS).

- ↳ Ortega (1996) realizó una caracterización de la Cuenca del Río Chiquito de Morelia, Michoacán, por medio de un Sistema de Información Geográfica en donde delimitó unidades de manejo en una cuenca hidrográfica pequeña, integrando la información disponible (cartográfica, imágenes de satélite, climática, florística, etc). El mismo autor menciona que Cabrera *et al.* (1992) realizaron un trabajo en la cuenca "El Durazno" donde estiman el riesgo de erosión con un SIG a partir de planos de información sobre unidades de suelo, texturas, pendientes, variables climáticas y de cubierta vegetal, reportando cuatro clases de riesgo de erosión, la superficie que ocupan y la pérdida de suelo en ton/ha/año.
- ↳ Skidmore *et al.* (1997) realizaron una revisión del uso de la teledetección para el manejo sustentable de las tierras, discutiendo tres tipos de percepción remota con imágenes y explorando su potencial como sistemas satelitarios futuros (nuevos) para contribuir al desarrollo sustentable, comparándolos con buenas políticas y enfoques participativos.
- ↳ Ramalho-Filho *et al.* (1997) detectaron la necesidad de conocer el potencial de los recursos naturales y del contexto socio-económico, para suministrar información significativa para el desarrollo sustentable en Brasil, concluyendo que la evaluación de la tierra podría ofrecer una guía clara para diseñar un SIG para el uso sustentable de la tierra.
- ↳ Bouma (1997) determinó que las unidades, los tipos de utilización y sistemas de uso de las tierras necesitan ser definidos de manera diferente para distintos niveles de escala (finca, regional y mundial), concluyendo que el acceso a la tecnología de la información y a técnicas modernas como la teledetección, permitirán el uso futuro de procedimientos idénticos a través del mundo para cada uno de los diferentes niveles de escala.
- ↳ Mathieu *et al.* (1997) probaron y propusieron un método para mapear las superficies afectadas por la lluvia utilizando datos multi-temporales del satélite SPOT y un SIG. Evaluaron su efectividad en la inferencia remota del índice de erosión en los suelos margosos (migajón arenoso) del norte de Europa. El trabajo desarrolló un acercamiento predictivo para monitorear la erosión en una escala regional.
- ↳ Groenigen *et al.* (1997) propusieron un procedimiento de muestreo interactivo para optimizar la valoración de riesgo ambiental en suelos contaminados con plomo en la ciudad alemana de Schoonhoven en donde utilizaron fases de muestreo subsecuentes como información previa, con la cual elaboraron mapas de probabilidad usando el indicador kriging, para dirigir los muestreos y así garantizar el uso óptimo de las fases de muestreo restantes. Los datos y programas de muestreo fueron almacenados en un SIG.
- ↳ Allen (1997) hizo una estandarización de las prácticas de mapeo en el Informe Geológico Británico (BGS), que produce mapas geológicos para toda la Gran Bretaña y en donde hay una larga historia en la introducción de prácticas estandarizadas del modo en que las rocas y unidades de rocas han sido nombradas, clasificadas e ilustradas en mapas.

- ↳ Díaz (1997) hizo una evaluación de la integración de un sistema de información geográfica con sensores remotos, para detectar el cambio en las coberturas vegetales y de uso del suelo en el Sistema Lagunar Costero de Teacapán, Sinaloa.
- ↳ Molnar y Julien (1998) hicieron una comparación del cálculo de la Ecuación Universal de la pérdida del suelo (USLE) utilizando un SIG (GRASS) con diferentes tamaños de cuadrícula, comprobando el valioso uso que tienen los sistemas de información geográfica para el análisis de procesos físicos en cuencas, de donde resultan grandes bases de datos.

En el caso particular del área de estudio se tienen varias aportaciones de las cuales podemos citar:

- ↳ Muñoz y López (1986, 1987, 1988, 1989 y 1991) realizaron los levantamientos edafológicos de los Valles de Santiago de Anaya, Actopan, Ixmiquilpan, Progreso-Chilcuautla y Tasquillo respectivamente, en donde indican que los suelos del área son muy jóvenes y poco desarrollados, evolucionados a partir de sedimentos clásticos y rocas (calizas, lutitas, basaltos, riolitas y andesitas), y que las unidades taxonómicas encontradas son: Fluvisoles Calcáricos, Regosoles Éutricos y Calcáricos, Feozems Háplicos y Calcáricos, así como Litosoles y Rendzinas.
- ↳ López y Muñoz (1987) realizaron un estudio de la relación suelo-planta y del aprovechamiento de los recursos en los valles de Ixmiquilpan y Actopan.
- ↳ Muñoz y López (1990) elaboraron una propuesta de ordenamiento ecológico para el Valle del Mezquital, estudio que pretendía servir de base para regular el uso, manejo y conservación de los recursos naturales de la región; sugiriendo que el uso del suelo debe ser acorde a su aptitud natural, por lo que propusieron áreas de restauración, preservación, mejoramiento, protección y prevención, así como para el desarrollo agrícola, pecuario e industrial.
- ↳ López y Muñoz (1991) hacen una evaluación de los recursos vegetales en el Valle del Mezquital.
- ↳ Hernández (1994) realizó un estudio de uso potencial agrícola, ganadero y forestal en el Valle del Mezquital, en donde evaluó los factores medioambientales que determinan la factibilidad de los diferentes rubros de uso, los factores limitantes para el desarrollo de las actividades antes citadas y elaboró cartografía correspondiente en escala 1:50,000.
- ↳ López *et al.* (1994) realizaron un estudio sobre la planeación regional del Valle del Mezquital, en donde hacen una división de éste considerando la vocación y potencial del suelo, aplicando los lineamientos del ordenamiento ecológico y proponiendo alternativas de manejo de recursos con acciones de conservación y preservación para el mejoramiento de los recursos naturales.

- 
- ↳ Salazar (1994) determinó los diferentes sistemas agroforestales lechuguilleros de Cardonal e Ixmiquilpan.
  - ↳ Javier (1995) hizo un estudio macro y micromorfológico de los suelos del Valle de Tasquillo.
  - ↳ López *et al.* en 1997 elaboraron un programa de manejo integral de recursos, restauración y conservación de suelos en el Dexthí, Alto Mezquital, Hidalgo, en donde se puso en marcha el *Centro Piloto-Valle del Mezquital* como un modelo de transición hacia el desarrollo sustentable (López *et al.*, 1999).
  - ↳ Aguilar (1999) hizo una propuesta de ordenamiento ecológico con su respectiva cartografía en escala 1:25,000 del Municipio de Santiago de Anaya, Hgo., a lo largo de tres fases: descriptiva, diagnóstica y propositiva.
  - ↳ Jiménez (1999) inició trabajos de producción de plantas de importancia forestal no maderable, enfocándose principalmente a leguminosas.
  - ↳ Muñoz (1999) realizó un estudio cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital en el que incluye una caracterización física y química, así como la elaboración de la cartografía escala 1:50,000 de uso actual del suelo y de edafología.
  - ↳ Aldasoro (2000) elaboró un estudio etnoentomofaunístico del poblado Dexthí-San Juanico, en el municipio de Ixmiquilpan.
  - ↳ Delgado (2000) realizó el levantamiento edafológico semidetallado del territorio de la comunidad del Dexthí, Alto Mezquital identificando 4 grupos mayores de suelo y 6 unidades, y elaboró la cartografía correspondiente en escala 1:25,000.
  - ↳ López (2001) realizó una evaluación de recursos y planeación ecológica del uso del suelo en los Municipios de Cardonal, Tasquillo y norte de Ixmiquilpan en Hidalgo.

## 4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Existen muchas maneras de caracterizar y evaluar el estado del suelo, una de ellas es por medio de la aplicación de los Sistemas de Información Geográfica, herramienta relativamente actual cuyas capacidades son muy amplias en cuanto al manejo y análisis de datos (Lillesand y Kiefer, 1979; Ponce-Hernández, 1993b; Burrough, 1991), por lo cual se considera importante profundizar en su fundamento.

### 4.1 SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA

#### 4.1.1 Definición

Aún con el corto tiempo en que se ha venido utilizando la tecnología computacional aplicada al manejo de los recursos naturales, muchas definiciones de lo que es un *SISTEMA DE INFORMACION GEOGRAFICA (SIG)* han sido dadas, desde las más sencillas hasta las más complejas. Por lo que haciendo una integración de ellas, en este trabajo lo definiremos como: un programa de cómputo capaz de capturar, almacenar, manipular, analizar y desplegar datos geográficamente referenciados y datos asociados a estos últimos. Los datos pueden ser utilizados en la planeación y toma de decisiones de manejo y en el estudio de procesos ambientales a través del uso de los productos derivados, que bien pueden ser mapas (modelos que representan el mundo real) o archivos digitales, y así poder anticipar los posibles resultados de la evaluación de los problemas relacionados con el espacio. En otras palabras, son sistemas de manejo de bases de datos dedicados al manejo simultaneo de datos espaciales en forma gráfica y de datos no espaciales o atributos (Soria *et al.*, 1998; Ortega, 1996; Navarro y Paulin, 1998; Guarino, 1995).

#### 4.1.2 Partes operativas de un SIG

De acuerdo a lo anteriormente expuesto, es importante analizar los componentes operativos de un SIG.

Soria *et al.* (1998) proponen que un SIG se compone de tres partes básicas:

- a) **HARDWARE.** Es la estructura en donde reside el SIG. De su arquitectura depende la capacidad de almacenaje, análisis, procesamiento y hasta presentación de la información, ya que en él se cuenta con el CPU (Unidad de Procesamiento Central), el monitor, los diferentes medios de almacenaje (discos duros y unidades de disco compacto), los digitalizadores (tabletas, barredores), las impresoras y graficadoras.
- b) **SOFTWARE.** Son los programas computacionales que permiten la captura, almacenamiento, análisis, procesamiento y presentación de la información. Aquí se incluyen a los SIG, además de otro tipo de programas como los editores de imágenes y diseño. Obviamente el uso de estas características depende de la capacidad de los SIG, ya que como es de suponerse, existen diversos tipos de SIG que responden a la capacidad de manejo y

análisis de los datos, a los formatos que trabajan, a la cantidad de información que pueden procesar, e incluso al costo y disponibilidad o accesibilidad de adquisición.

- C) **COMPONENTE HUMANO.** Se considera este último como un componente indispensable en el manejo y desarrollo de los SIG, pues es el elemento pensante que hace que los sistemas sean útiles, ya que por muy sofisticados que éstos sean, muchas veces pueden estar subutilizados si no existe personal capacitado que los maneje y que aproveche el gran potencial que representan.

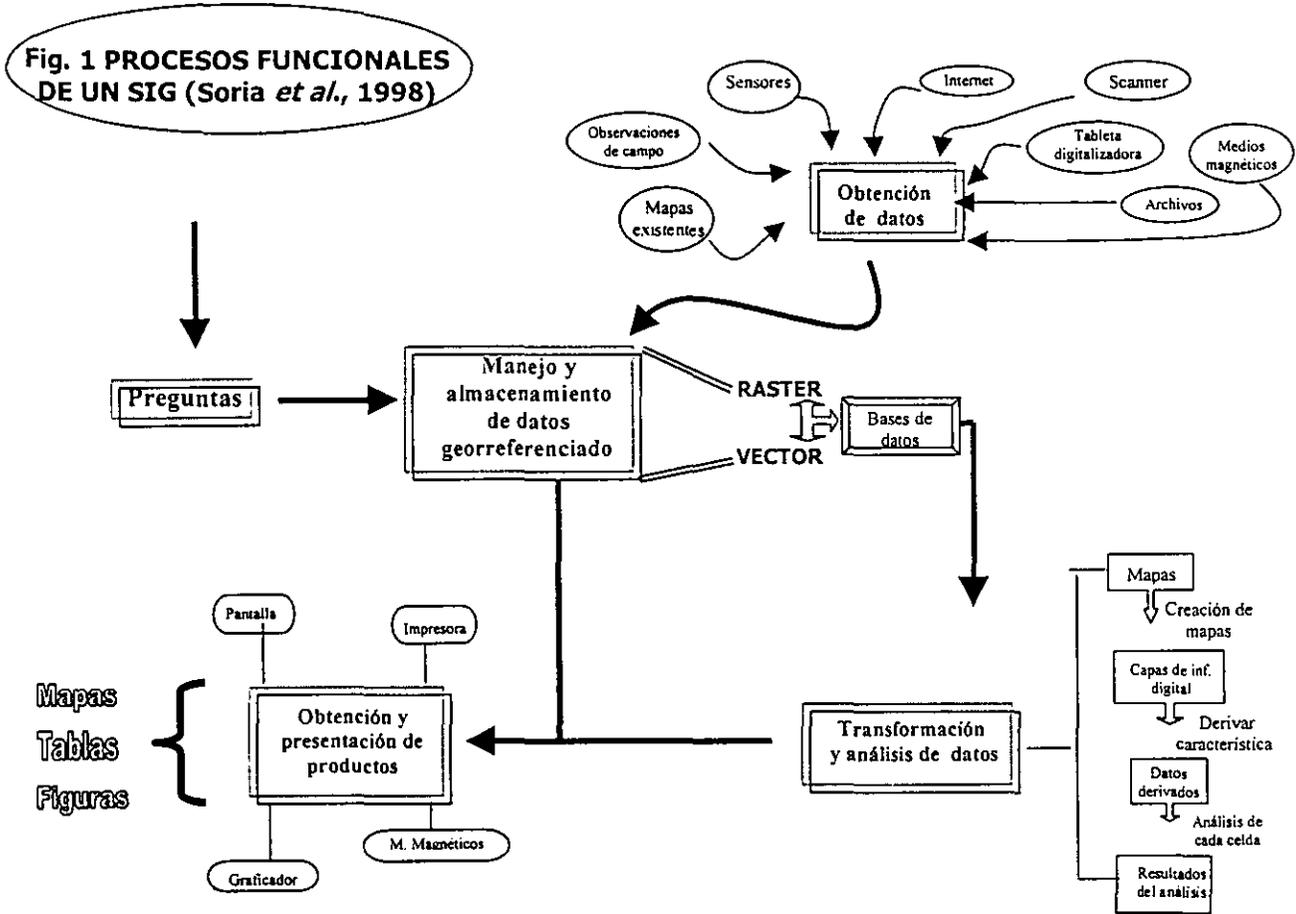
#### 4.1.3 Procesos funcionales de un SIG

Como todo sistema, los SIG tienen cierto método de trabajo para su mejor desempeño y desarrollo, por lo que es importante conocer los procesos que se tienen que llevar a cabo para esto (Díaz, 1997; Soria *et al.*, 1998; Guarino, 1995); ellos son:

- A) **Obtención de datos.** Es un proceso de decodificación de los datos para convertirlos a un lenguaje que el sistema es capaz de entender a manera de base de datos. Este proceso se puede llevar a cabo a partir de diversos medios tales como mapas impresos, imágenes de sensores remotos y datos de campo georreferenciados. Estos son transformados a un formato digital mediante cinco métodos: a) **digitalización** con una tableta digitalizadora, que contiene una red de celdas que transporta los impulsos eléctricos a partir de un cursor y los envía a la computadora para almacenarlos; b) **digitalización** con un "scanner", que usa un método de barrido a través del cual se obtiene la imagen digital del mapa o imagen a estudiar; c) a través de las **imágenes de satélite**, las cuales ya están en formato digital; d) el manejo de información a través de Internet, por medio de un **protocolo de transferencia de archivos** (FTP) y e) mediante la **importación de archivos** de tipo texto, hoja de cálculo o base de datos. Es importante mencionar que se debe tener gran cuidado de coleccionar solamente la información requerida y evitar capturar datos que no serán utilizados, ya que esto representa gasto de tiempo y dinero; recursos que, en la mayoría de los proyectos no se tienen en exceso. Sin embargo, es meritorio señalar lo fundamental del trabajo de campo para la verificación de los datos que se obtienen a través de los medios antes señalados.
- B) **Manejo y almacenamiento de datos.** Aquí es en donde se incluye el manejo de *bases de datos*, por lo que es muy importante considerar los procedimientos de respaldo, integridad y seguridad de la información (Soria *et al.*, 1998). Este proceso se puede dar en dos formatos: *raster* o *vector*, que responden a un sistema de coordenadas (geográficas, latitud-longitud o métricas, UTM). Para el formato 'raster', en donde la información se almacena en forma de una cuadrícula, la unidad mínima de trabajo es el *pixel* o *celda*, cuyo valor indica el tipo de objeto o la condición que existe en esa posición, por lo que su tamaño nos habla de la resolución con que se trabaja (a menor tamaño del pixel, mayor es la resolución). A su vez, el tamaño responde a la superficie que se abarca en el terreno (metros), la cual se representa en la pantalla y optimiza las operaciones matemáticas representando mejor las variables continuas (Díaz, 1997). Es por eso que este formato ocupa gran espacio de almacenaje. Sin embargo, tiene la ventaja de que esta información

puede ser manipulada a través de operaciones numéricas para la obtención y generación de nuevos datos, mediante el análisis espacial de la información. Por su lado, el formato 'vectorial' representa datos espaciales en forma de líneas, puntos o polígonos, así como sus atributos; que es información menos compleja y que abarca, por ende, menos espacio de almacén. Sin embargo, el formato vectorial requiere de computadoras de más poder pues representan mejor los mapas que el sistema raster, debido a que las líneas del mapa permanecen como líneas y no como un conjunto de celdas que se acomodan en forma de columnas y renglones (formato raster).

- C) Transformación y análisis de datos.** Permite unir diversos grupos de datos, hacerlos compatibles entre ellos, analizarlos y combinarlos de diferentes formas. Este proceso se realiza a través de comandos, reglas de análisis y funciones matemáticas, que operan o buscan patrones determinados sobre una zona, y son aplicadas por el usuario a manera de preguntas, que pueden ser: **a) de localización**, ¿dónde está?; **b) de condición**, se basan en restricciones de ubicación; **c) de comparación**, ¿cómo ha cambiado el fenómeno de estudio en cierto tiempo?; **d) de patrones o relaciones**, ¿qué datos se relacionan unos con otros?; y **e) predictivas o de modelación**, ¿qué pasa si X? (Navarro y Paulin, 1998). A través de operaciones tales como suma, resta, multiplicación, división exponencial o álgebra booleana, se obtienen nuevos datos que proponen información nueva, resultado de la sobreposición de capas y/o álgebra de mapas, que finalmente nos llevarán a la predicción de fenómenos y toma de decisiones. Algunas de las capacidades de los SIG en cuanto a manipulación de datos pueden ser: corrección geométrica, análisis del modelo digital de terreno, interpolaciones, análisis de sobreposición, análisis de proximidad y cálculos estadísticos.
- D) Obtención o presentación de productos.** El resultado de la transformación y análisis de los datos, puede desplegarse a manera de mapas o estadísticos directamente en la pantalla de la computadora o en forma de tablas, gráficas o mapas impresos, a través del uso de los comandos de edición que ofrecen los SIG, que también pueden ser almacenados en el disco duro de la computadora (Figura 1).



De acuerdo a lo anterior y según lo que indica Díaz (1997) es importante mencionar que los datos con que se trabaja pueden ser variables discretas (tipos de roca, de vegetación o suelos) o continuas (intervalos de temperatura o precipitación), por lo que los mapas que se obtienen pueden ser:

1. Nominales. En donde se relaciona un nombre con un número (1 = andosol, 2 = vertisol).
2. Binarios. Se refiere a la presencia o ausencia de algún atributo o carácter.
3. De Intervalo. Sin un valor de cero verdadero (1 = 1100-1200msnm, 2 = 1200-1300msnm).
4. De Razón. Con un valor de cero verdadero (0 = 0°C).

Estas variables componen el concepto básico de los SIG, que es la división del área de estudio en **capas de información**, definidas éstas como "el conjunto de datos que describe una característica específica del mundo" (Soria et al., 1998); por lo que un SIG puede estar formado por múltiples capas de información, v.gr. vegetación, tipos de suelo, sistemas terrestres, grados de erosión, carreteras, toponimia, etcétera.

#### 4.1.4 Ventajas y desventajas del uso de los SIG

Ya se ha hablado mucho sobre los aspectos que se deben conocer para manejar adecuadamente los SIG. Sin embargo, como toda herramienta de trabajo su uso ofrece ciertas ventajas y desventajas; Ortega (1996) considera las siguientes:

a) Ventajas:

- Los datos se almacenan en forma magnética (discos o cintas) de manera condensada, por lo que pueden ser obtenidos con mucha facilidad y económicamente a un bajo costo; además de que dicha información puede ser puesta a disposición de cualquier persona a través de Internet.
- De acuerdo a la capacidad de la computadora se puede mejorar la precisión y velocidad para realizar operaciones, tales como mediciones espaciales, transformaciones geométricas, procesos de modelación, producción de mapas impresos, entre otros.
- Una actualización diaria en tiempo real es posible; así el SIG puede ser utilizado para realizar monitoreos.
- Algunos análisis complejos, que manualmente resultarían casi imposibles de realizar, pueden ser resueltos a un bajo costo en el SIG; por ejemplo, el cruzamiento de mapas complejos, el cálculo de pendientes o la orientación de laderas y cuencas hidrográficas a partir de modelos digitales de terreno.
- Los datos espaciales que son numéricos, quedan disponibles más fácilmente para que cualquier persona tenga acceso a ellos y pueda realizar cualquier tipo de análisis.
- Se puede acoplar una base de datos geográfica con modelos complejos para realizar análisis avanzados.

b) Desventajas:

- El equipo de cómputo y periféricos que se deben adquirir, así como el software, pueden representar un gasto inicial importante, así como su actualización; no obstante los productos que se llegan a obtener, bien valen la pena el gasto, aunque los recursos no siempre están disponibles en el momento que se necesitan.
- Adquirir y obtener los datos numéricos también es costoso, ya que se tienen que convertir los mapas en datos numéricos, convertir formatos y hacer pre-tratamientos (ponderación) de datos que ya son numéricos.
- Debe haber personal calificado para poder utilizar el SIG, el cual debe ser capacitado continuamente, dada la velocidad con que los programas computacionales y la tecnología son actualizados, lo cual también representa cierta inversión.
- Además del gasto inicial (inversión) se debe hacer un gasto de administración y mantenimiento de la base de datos.

- A pesar de lo dicho en el primer punto, algunas veces es difícil decidir entre el uso de un SIG y una herramienta tradicional, con la salvedad de que el primero ofrece funcionalidades nuevas que no existen en las herramientas tradicionales.

#### 4.1.5 Aplicaciones de los SIG

El campo de los SIG está caracterizado por una gran diversidad de aplicaciones, ya que son sistemas integrales que traen ideas desarrolladas en muchas áreas, tales como agricultura, botánica, computación, economía, matemáticas, fotogrametría, paisajismo, zoología, y por supuesto, geografía por nombrar algunas (Maguire *et al.*, 1991).

Debido a esto, cada vez en más centros de educación superior e instancias gubernamentales y privadas, se están utilizando con más énfasis para diversas actividades, desde las docentes y de investigación, hasta las de predicción de fenómenos que ayudan a la toma de decisiones en cuanto al manejo de los recursos de la nación.

Además, al combinar el uso de las herramientas de la Percepción Remota<sup>1</sup> y de los Sistemas de Información Geográfica, (PR-SIG), se lleva a cabo una acción complementaria para analizar y reportar los recursos del planeta (Soria *et al.*, 1998). Es por esto que son consideradas como importantes herramientas, que no pueden ser ignoradas debido al potencial de la información que proporcionan y a los procesos lógicos de razonamiento que se emplean para analizar los datos, que rebasan el nivel de mera tecnología. Este binomio (PR-SIG) puede cambiar nuestra percepción de los fenómenos, métodos de análisis, modelos y paradigmas, ya que proveen una nueva forma en la generación de los datos para un región dada, los cuáles pueden posteriormente ser considerados con mayor veracidad en la toma de decisiones (Simonett *et al.*, 1983).

Debido a lo anterior, es importante resaltar que uno de los productos que se generan a partir del uso del binomio PR-SIG son los **MAPAS**, en los cuales se representa al mundo real en cierta escala, es decir, todos aquellos datos y atributos espaciales que puedan estar georreferenciados, son plasmados en este tipo de materiales, que a través de un proceso de transformación por sobreposición y otras operaciones analíticas, pueden producir información que ayude en la predicción, modelación, planeación, monitoreo de recursos, actualización de cartografía y toma de decisiones en nuestro país (Guerra, 1997).

---

<sup>1</sup> Definida por Soria (1998), quien a su vez cita a Lasseline y Darteyre (1991), como: "el conjunto de conocimientos y técnicas utilizados para determinar características físicas y biológicas de objetos mediante mediciones a distancia, sin el contacto material con los mismos..."

## 5. OBJETIVOS

De acuerdo a lo anteriormente planteado, el presente trabajo tiene los siguientes objetivos:

### 5.1 OBJETIVO GENERAL

Reunir, integrar y sistematizar la información cartográfica y de parámetros físicos y químicos de los suelos del área de investigación, para generar una base de datos espaciales por medio de un Sistema de Información Geográfica, con la finalidad de hacer una valoración de su estado actual y determinar el grado de erosión potencial.

### 5.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Actualizar y digitalizar la cartografía edafológica existente y elaborar la base de datos de las propiedades físicas y químicas correspondientes.
- Actualizar y digitalizar el mapa de uso del suelo y tipos de vegetación.
- Digitalizar la cartografía de litología superficial.
- Definir las unidades de paisaje a nivel de sistemas eco-geográficos.
- Realizar una clasificación del terreno por pendientes, empleando un modelo digital de elevación.
- Realizar los cálculos de erosión potencial laminar hídrica y eólica a través de los índices propuestos por FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993) y la cartografía correspondiente.
- Determinar las bondades de la aplicación del Sistema de Información Geográfica al manejo de datos espaciales.

## 6. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA INVESTIGADA

### 6.1 Localización geográfica y política

El área estudiada se localiza hacia el Oeste-Suroeste del Estado de Hidalgo, entre los paralelos 20° 30' y 20° 41' de Latitud Norte y los meridianos 99° 00' y 99° 20' de Longitud Oeste. Con altitudes que van desde los 1300 hasta los 3180 msnm. Políticamente, la zona forma parte de los municipios de Cardonal, Tasquillo e Ixmiquilpan (Figura 2).

### 6.2 Superficie, límites y acceso

La extensión de la zona estudiada es de 70 644 ha. Limita al Norte con los Municipios de Nicolás Flores y Zimapán; al Oeste con Tecozautla y Alfajayucan; al Este con Metztitlán, Eloxochitlán, Tlahuiltepa y Santiago de Anaya; y hacia el Sur con los de Alfajayucan y Chilcuautla.

El acceso al área es por la Carretera Federal No. 85, México-Laredo, misma que pasa por las ciudades de Pachuca, Actopan, Ixmiquilpan y el poblado de Tasquillo. Los otros accesos son a través de la Carretera Estatal No. 30 Tula-Ixmiquilpan, que pasa por los poblados de Mixquiahuala, Progreso y Chilcuautla, y la Carretera Libre No. 45 Ixmiquilpan-Palmillas, que une a Ixmiquilpan, Alfajayucan y Huichapan.

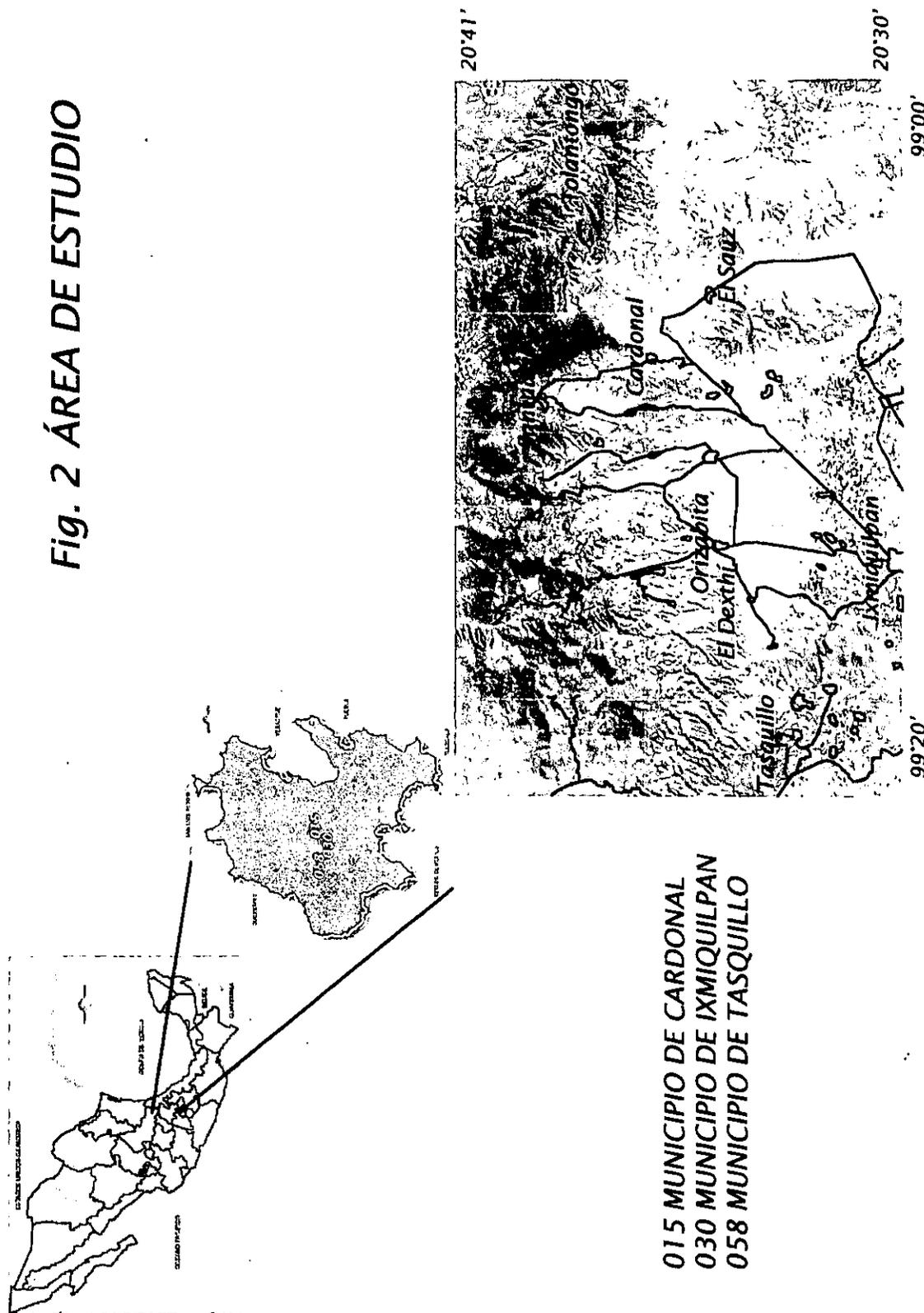
### 6.3 Regionalización administrativa

La mayor parte del área pertenece a la Región Administrativa No. VI. Ixmiquilpan, que incluye los municipios de Ixmiquilpan (30), Cardonal (15), Tasquillo (58), Chilcuautla (19) y Nicolás Flores (43). En menor proporción se encuentra Tolantongo, que pertenece a la Región Administrativa No. VIII. Metztitlán, integrada por los municipios de Eloxochitlán (20), Juárez Hidalgo (33), San Agustín Metzquititlán (52), Metztitlán (37) y Zacualtipán de Ángeles (81).

### 6.4 Regionalización ecológica y fisiografía

De acuerdo al esquema de Regionalización Ecológica de SEDESOL-INE (1993), el Alto Mezquital se encuentra en las Zonas Árida y Templada. Se ubica dentro de dos Provincias Ecológicas de primer magnitud que son: el Karst Huasteco, perteneciente a la Sierra Madre Oriental (zona templada) y la Provincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, ubicada dentro del Eje Neovolcánico (zona árida). La primer Provincia incluye a los Sistemas Ecogeográficos Agua Florida-Las Manzanas, Agua Hedionda, El Sauz (dividido en sus facetas sierra y valle) y Sierra Juárez. La segunda Provincia comprende los Sistemas Ecogeográficos Cardonal-Dexthí, Ixmiquilpan-Alfajayucan, San Juanico y Zimapán (Cuadro 1).

Fig. 2 ÁREA DE ESTUDIO



## SISTEMAS ECOGEOGRÁFICOS DEL ALTO MEZQUITAL

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO	PROVINCIA	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE
1. Cardonal - Dexthí	52	13,550.9	19.23
2. Ixmiquilpan- Alfajayucan	52	15,990.4	22.70
3. San Juanico	52	2,648.1	3.76
4. Zimapán	52	1,025.5	1.46
4. Agua Florida	30	14,350.7	20.36
5. Agua Hedionda	30	4,753.95	6.75
6. Sauz sierra	30	4,861.55	6.90
7. Sauz valle	30	6,090.1	8.64
8. Sierra Juárez	30	7,205.9	10.22

Cuadro 1. Relación de superficies y porcentajes de las distintas porciones de los Sistemas Ecogeográficos del Alto Mezquital (López, 2001).

La Subprovincia del Karst Huasteco se caracteriza geomorfológicamente por la dominancia de sierra alta, con cañadas de laderas convexas y alto escarpe, con áreas de plegamientos muy pronunciados que forman acantilados verticales. La parte Noreste de la zona investigada, que abarca la cuenca de la Barranca de Tolantongo, se formó por una serie de plegamientos y fallas sobre las rocas sedimentarias mesozoicas, que formaran grandes cañadas y cuevas. Posteriormente por actividad ígnea, se originaron una serie de intrusiones y buttes, formando las laderas y mesas actuales. Los ríos han modelado un paisaje muy abrupto en las partes altas, mientras que en las partes bajas se han formado pequeños valles aluviales.

De forma complementaria, la Subprovincia está conformada por un sistema montañoso de origen sedimentario constituido por una secuencia de geformas plegadas de relieve accidentado y de fuertes pendientes entre las que destacan declives, barrancas, mesas, lomeríos, joyas y un valle alto cerrado que es el de Pozuelos. Entre los procesos estructurales responsables de los distintos paisajes están los levantamientos, plegamientos y fallamientos tectónicos. Todas las estructuras formadas han cambiado considerablemente a través del tiempo por efecto de las fuerzas erosivas que le han dado a la zona su actual aspecto.

En la Subprovincia Ecológica Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo destaca la Sierra Contra Fuerte Juárez, localizada hacia el Norte como una estribación de la Sierra de Pachuca. Es de origen volcánico y se caracteriza por su relieve irregular con pendientes fuertes, generándose condiciones de escarpe, taludes y declives. Rumbo al Oeste se ubica la Sierra Xinthé, también de origen ígneo, y que sirve de límite natural al valle de Tasquillo; parte de esta Sierra es disectada en su porción Norte por el Río Tula, formándose así algunos cañones y cantiles.

De las estribaciones de sierras con rumbo Sur se originan varios sistemas de lomeríos, interrumpidos por un conjunto de microcuencas casi paralelas, formadas por efecto de la erosión pluvial y fluvial. Así mismo, en las porciones más bajas de dichas cuencas, se definen algunas terrazas alargadas y estrechas de relieve entre plano y ligeramente ondulado, que es en donde se practica la agricultura temporalera, ya que son sitios por los que pasa el agua de escorrentía. Después de este sistema de lomeríos y con la misma dirección Sur, se extiende la planicie de Ixmiquilpan que es la que sostiene a la agricultura de riego.

Existen otras formas secundarias intercaladas entre las dos Provincias tales como mesas y un sin número de barrancas y cañadas de las que sobresalen: el Cañón del Río Tula, las barrancas de San Miguel, Sierrita Manchada, Xiotho, Huitlacoche, Potrero, Los Libros y Mayagoitia.

La mitad Norte de la zona presenta un relieve accidentado con pendientes que van desde muy inclinadas hasta onduladas. Toda esta área montañosa es considerada como una estribación del Eje Neovolcánico, incluyendo también algunos de los elementos de la Sierra Madre Oriental. Localmente, esta región es conocida como Sierra de Juárez y en ella destacan los cerros Juárez, La Palma, El Cerrote, El León, Xithe, La Muñeca, Xinthé, y Santuario; que forman los parte aguas y límites de barrancas importantes como las de: Nijamayé, La Cadena, El Sótano, La Campana, El Encino, Los Libros, El Nogal, Mayorasgo y en el extremo Noreste, El Binguinero y Tolantongo. Hacia la base Sur de esta sierra descienden un conjunto de formas acordonadas, formadas por rocas sedimentarias que en su conjunto constituyen un sistema de mesas y barrancas, que definen una geomorfología muy característica y peculiar. Rumbo a las porciones central y sur la fisiografía se conforma de pequeños valles interrumpidos por algunas elevaciones. Estos valles son: el de Tasquillo, San Juanico-Panales, El Espíritu y San Antonio Sabanillas. Hacia la parte Este se encuentra una secuencia de anticlinales calizos que forman la Sierra de San Miguel, donde destacan los cerros Xuemeye, El Frayle, Blanco, El Verde y El Gumbo, que limitan de manera natural el Valle del Sauz y las barrancas de Los Mayorga y La Salina (INEGI, 1982).

De forma general podemos dividir la región de trabajo en cuatro grandes zonas que son:

- a) la sierra;
- b) las barrancas y ríos;
- c) las planicies, lomeríos y mesas;
- d) los valles.

## 6.5 Geología

### 6.5.1 Geología histórica

La historia geológica del Valle del Mezquital, de acuerdo a los estudios estratigráficos y paleontológicos realizados por la Comisión Geológica del Valle del Mezquital (Blásquez 1938; INEGI, 1983), se remonta hacia el Cretácico Inferior, cuando las calizas marinas se plegaron de tal manera que las elevaciones correspondían a los anticlinales y las depresiones a los sinclinales, formándose así los primeros valles. Las primeras manifestaciones volcánicas de la Sierra de Pachuca interrumpieron estos valles y formaron lagos, los cuales sufrieron un proceso de rellenamiento por la emisión de material piroclástico.

En el Terciario sobrevino la gran actividad ígnea, la cual se inició en el Mioceno con erupciones andesíticas y basálticas emanadas a través de grandes fracturas y grietas que permitieron el derrame de lavas, lo cual propició la formación de mesas. Todos estos eventos modificaron considerablemente la geomorfología de la región, ya que renovaron los rasgos de las montañas, incrementando su altura y redujeron la anchura de los valles.

En el Cuaternario con la llegada de las glaciaciones se formaron grandes ventisqueros de montaña y Piemontes, que tomaron la talla de continentales y los cuales erosionaron grandes volúmenes de material rocoso reduciendo así la altura de las sierras. Junto con estos fenómenos están las emisiones basálticas, las cuales contribuyeron en gran parte al relleno de las cuencas hasta formar extensas superficies casi horizontales.

### 6.5.2 Estructura geológica y litología

En la zona de estudio se encuentran varias Formaciones Geológicas, de la más antigua a la más reciente según Segerstrom (1962) se tienen las siguientes:

Formación las Trancas. Conformada de lutitas calcáreas acomodadas en delgadas capas intercaladas con lodolitas, se le encuentra hacia el Norte de la zona en los poblados del Aguacatal, Ojuelos, El Defay, Boshó y el Arenalito, data del Jurásico Superior.

Formación El Santuario del Cretácico Inferior. Se limita a una pequeña franja al Norte de El Santuario, caracterizándose por la presencia de calizas de color gris oscuro, filitas y lutitas.

Formación El Doctor. Constituida por calizas de diferentes texturas del Cretácico Inferior, se localiza en El Santuario, Cardonal, Valle de Pozuelos y Sierrita de Capula. Es de las formaciones más ampliamente distribuidas. Las calizas pertenecientes a esta formación son muy resistentes a la erosión y tienden a formar riscos o peñascos en las etapas jóvenes.

Formación Mezcala-Méndez del Cretácico Superior. Se compone de lutitas calcáreas y margas intercaladas con areniscas y delgados estratos calizos, se ubica principalmente hacia el Noreste del Cardonal y Norte de Hermosillo.

Formación Soyatal. Constituida de calizas impuras de color gris intercaladas con lutitas que datan del principio del Cretácico Superior, se localiza sobre una pequeña franja cerca del Cerro La Palma, El Defay, Cerro Xuemeyé, Blanco, El Verde, El Gumbo y en pequeñas áreas al Norte de Orizabita, sobre las estribaciones de la Sierra de Juárez.

Grupo Pachuca. Ubicado hacia los extremos Oriente y Occidente, así como al Norte, conformando las Sierras de Pachuca, Xinthé y Juárez, respectivamente. Ésta se originó a principios del Mioceno en el Terciario y está conformada por rocas ígneas como andesitas, riolitas y basaltos del Eoceno.

Grupo San Juan. Consiste en flujos de basalto, toba y conglomerados volcánicos que provienen del Plioceno, se le encuentra al Sur del Valle de Tasquillo.

Formación Tarango. Es la de mayor extensión ya que se distribuye por casi la totalidad de la zona. Esta formación data de fines del Plioceno y se compone de diversos sedimentos clásticos, que contienen fango areno-arcilloso, intercalado con elementos ígneos y calcáreos que se encuentran rellenando todos los valles.

Basaltos Cuaternarios Recientes. Localizados sobre los márgenes del Río Tula, cerca de las inmediaciones de Tasquillo, Ixmiquilpan y Dios Padre.

Depósitos Clásticos Recientes Aluviales. Estos incluyen fango, arcillas, arenas, sedimentos calizos y cenizas depositadas en cuencas lacustres, así como también incluyen materiales aluviales y coluviales. Todos estos depósitos se distribuyen irregularmente por la región, asociándose a ríos, arroyos y escurrimientos, así como en zonas de laderas. Ubicados solamente en la porción más baja del Valle de Tasquillo, San Juanico, Sabanillas y parte de Capula (Segerstrom, 1962).

## 6.6 Suelos

Las unidades de suelo reportadas para el área de estudio son Feozem Calcárico y Háplico, que se localizan en la porciones Centro y Sur. El uso que tienen es principalmente agrícola; sin embargo, cuando se encuentran sobre relieves accidentados sostienen matorrales tipo crasicaule y espinoso.

Hacia la porción Norte de la zona sobresalen por su extensión las unidades de Rendzinas, Regosol y Litosol, que se caracterizan por estar asociadas con geformas montañosas en donde se desarrollan diversos tipos de vegetación. Por lo general, estos suelos se caracterizan por ser delgados y pedregosos (INEGI, 1983).

De acuerdo a los informes de Muñoz y López (1986, 1987, 1988, 1989 y 1991), se tiene que los suelos de la zona son algo diversos y jóvenes. Los factores que más han incidido en su génesis son: el clima, sustrato geológico y relieve.

Las unidades taxonómicas detectadas y descritas según el sistema de clasificación de suelos de la FAO-UNESCO (1988) y presentadas en dichos informes son: Feozems Calcáricos, Háplicos y Vértricos distribuidos sobre las planicies y derivados de sedimentos ígneos y calizos; Fluvisoles Calcáricos asociados a ríos y arroyos y de textura variable; Regosoles Calcáricos ubicados en laderas, taludes y lomeríos con texturas medias y gruesas; Leptosoles Réndzicos, Mólicos y Líticos, ubicados en zonas de media y alta montaña en donde las pendientes son inclinadas.

## 6.7 Clima

### 6.7.1 Generalidades

De acuerdo a Contreras, citado por González-Quintero (1968), el clima que prevalece en el Valle del Mezquital es una consecuencia del patrón general de circulación de los vientos, del efecto orográfico que impide el paso de nubes bajas al Valle y de la altitud que es la responsable de las temperaturas que imperan.

### 6.7.2 Datos climatológicos

Para el análisis de los datos meteorológicos, se consideró la información de las estaciones meteorológicas de Ixmiquilpan, Tasquillo y Santuario, así como de algunos registros del Observatorio Meteorológico Nacional de Tacubaya, D.F. e INEGI (1987).

En relación a las temperaturas medias anuales, se tiene que éstas fluctúan entre 16.3 y 18.4°C; correspondiéndole al Valle de Actopan las más bajas y al de Ixmiquilpan las más altas. La temperatura media mínima más baja es de 12.8°C y la media máxima más alta es de 20.9° C, correspondiendo a los meses de diciembre y enero como los más fríos y a los de mayo y junio como los más calientes. La oscilación térmica fluctúa entre 4 y 5° C (Figura 3).

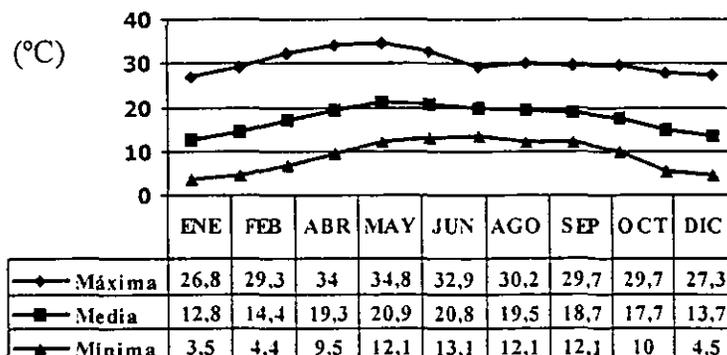


Fig. 3. TEMPERATURAS MÁXIMAS Y MÍNIMAS (1982-1985)\*

La precipitación es en general escasa, ya que varía entre 430 y 550 mm anuales, correspondiendo a el Cardonal la zona de menor precipitación. El periodo seco va de diciembre a abril; por el contrario la estación lluviosa va de junio a septiembre con un período interestival en julio y agosto (Figuras 4 y 5).

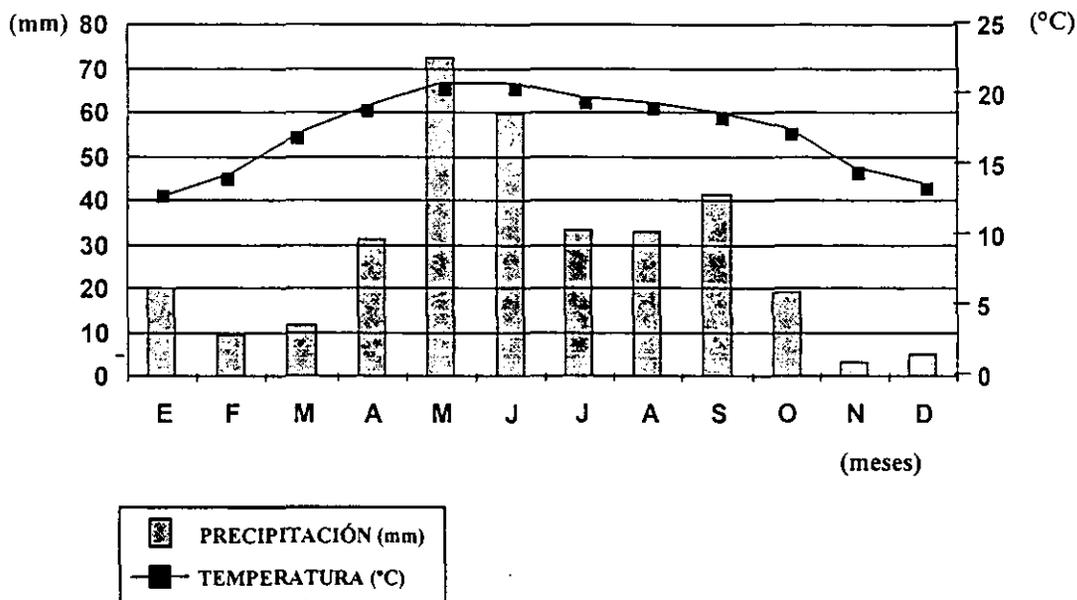


Fig. 4. CLIMOGRAMA DE LA ESTACIÓN IXMIQUILPAN (Datos obtenidos de la estación meteorológica hasta 1991)

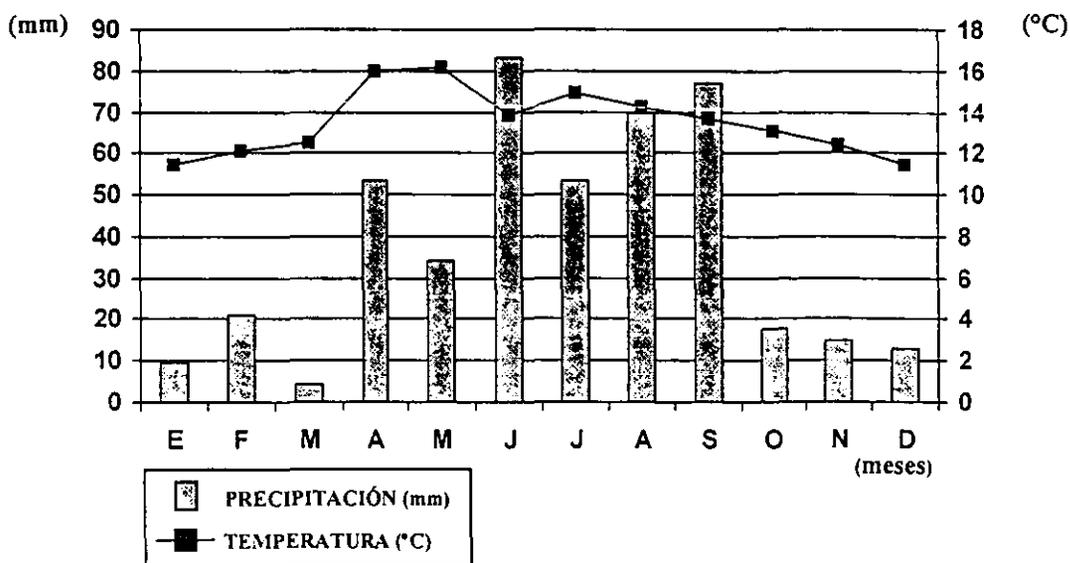


Fig. 5. CLIMOGRAMA DE LA ESTACIÓN SANTUARIO (Datos obtenidos de la estación meteorológica hasta 1991)

Por lo que respecta a otros fenómenos meteorológicos como granizadas, heladas, tormentas eléctricas y nevadas, se tiene que el mes de abril es el de menor frecuencia en granizadas (2.7 días). En cuanto a heladas enero es el de mayor frecuencia con 9.13 días, le siguen febrero y noviembre con 5.62 y 5.23, respectivamente. Las tormentas eléctricas se presentan con mayor ocurrencia de abril a septiembre. Por último, las nevadas son poco frecuentes y suelen presentarse desde enero hasta marzo.

### 6.7.3 Tipo de clima

De acuerdo al análisis de los datos meteorológicos de las estaciones más cercanas que son: Santuario (Cardonal) y las dos de Ixmiquilpan, la zona se caracteriza por presentar un gradiente ambiental que propicia básicamente la presencia de dos tipos de clima. La primera muestra que para las partes montañosas, cuya altitud va desde 2 000 a 2 700 msnm, presentan un clima de tipo C(m)b(i')g (López, 2001), que equivale a un templado húmedo con lluvias de verano, temperatura media anual entre 12° y 18°C, siendo la del mes más frío de -3 °C y la del mes más caliente superior a 18°C; presenta una oscilación térmica anual de las temperaturas mensuales menor a 5°C, es decir, isotermal y con una marcha térmica anual de tipo Ganges (mes más caliente antes de junio). Existen lluvias de verano con un cociente p/t de 43.2. La precipitación mínima anual es de 625 y la máxima de 925 mm; la media anual es de 725 mm. La época de heladas se presenta desde octubre hasta febrero.

El otro tipo de clima es un BS<sub>0</sub>hw'(w)(e)g (García, 1973), corresponde a un semi-seco estepario con temperaturas mayores a los 18°C, con el mes más seco en invierno y el más caliente antes del solsticio de verano. La temperatura media anual es de 18°C y la precipitación anual fluctúa entre 400 y 450 mm, con lluvias de verano. En los meses más calurosos se registran temperaturas hasta de 36°C y en los más fríos hasta -2°C. Es extremoso, ya que su oscilación térmica va de 7° a 14°C; la marcha de la temperatura es tipo Ganges. La temporada menos húmeda o de "canícula" se presenta entre agosto y noviembre.

El factor que determina la presencia de un clima semiárido en el área, es la posición que ésta guarda con respecto a la Sierra Madre Oriental, ya que tal sierra actúa como frente de lluvias captando la mayor parte de la humedad en su ladera oriental, donde los Alisios del Noreste descargan la mayor cantidad de agua y, por consiguiente, pasan casi secos a la ladera de sotavento, donde se encuentra situada la Barranca de Tolantongo y la mayor parte del Alto Mezquitil. En segundo término, en esta zona la condición de semi-aridez se ve afectada por condiciones de humedad más favorables, tanto en el fondo de la barranca, por donde sigue su curso el río Blanco de Tolantongo, como en algunas cañadas, por donde fluyen pequeños arroyos. Un factor que en ocasiones contribuye a aumentar el porcentaje de lluvia invernal, es la llegada de los "nortes" (masas de aire polar procedentes de Estados Unidos y Canadá), los cuales alcanzan a afectar la zona provocando neblinas y/o precipitaciones escasas.

De las diferencias de altitud, temperaturas y la presencia de selva baja en la zona López (2001) menciona que hay un tercer tipo de clima que correspondería a un AC, semicálido subhúmedo en la zona de las barrancas de Tolantongo. Sin embargo, no se cuentan con datos meteorológicos específicos del fondo de la barranca con lo que se corroboraría lo anterior.

## 6.8 Hidrología

La zona se localiza dentro de la Región Hidrológica 26, denominada del Pánuco, y en una de las subcuencas del Río Tula, mismo que nace en el cerro de la Bufa en la Sierra de Monte Alto, Estado de México y que al penetrar al Estado de Hidalgo confluye con el Río Salado, conectándose a través del túnel Zumpango-Tequisquiac con el gran canal del desagüe. Desde Mixquiahuala hasta Ixmiquilpan el río recibe pocos afluentes y sólo cerca del Mandhó es donde encuentra una confluencia con el Río Actopan, después con la afluencia del arroyo de Portezuelos y por último converge con el arroyo Orizabita (DDR 064-com.pers.).

El otro río de importancia es el de Actopan, el cual baja por una profunda barranca muy cerca a Estanzuelas y próxima a Tlacuautla, en el Valle de Actopan, continuando hasta Ocotzá para formar otra barranca que desemboca en la Presa Debodhé. De ahí recorre la planicie de Ixmiquilpan hasta confluir con el Río Tula en las cercanías del Mandhó. El período de estiaje de ambos ríos se da a fines de febrero, mientras que el de avenidas va de julio a septiembre.

## 6.9 Vegetación

Miranda y Hernández (1963) mencionan que la vegetación existente en el Alto Mezquital forma parte de la región árida Hidalguense, que a su vez pertenece al extremo Sur del Desierto Chihuahuense.

Si se identifica a la vegetación siguiendo un criterio geobotánico y altitudinal tal como lo establece González-Quintero (1968), se tienen los siguientes tipos de vegetación:

### ➤ Sobre sustrato ígneo:

- De 2800 a 2250 msnm se localiza el Bosque de Pino-Encino (este bosque también se puede encontrar sobre lutitas y lodolitas).
- De 2750 a 1750 msnm se localizan matorrales crasicales.
- De 2500 a 2200 msnm se establece el matorral de *Juniperus*.
- De 2480 a 1800 msnm se encuentra el matorral de *Fouquieria*.
- De 2300 a 2100 msnm se ubica el matorral de *Quercus microphila*.
- De 2000 a 1700 msnm se extiende el matorral aluvial de *Prosopis* que se desarrolla sobre material aluvial ígneo poco consolidado.

➤ Sobre sustrato calizo:

- De 1700 a 1850 msnm se localiza el matorral de *Sophora*.
- De 1700 a 1100 msnm se encuentra el matorral de *Fluorensia resinosa* y el matorral de *Karwinskia humboldtiana*.
- De 1800 a 2600 msnm se distribuye el matorral desértico calcícola.
- De 2150 a 2350 msnm se establece el matorral de *Quercus microphila*.

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

Este trabajo forma parte del Proyecto General de Investigación que se lleva a cabo en el Laboratorio de Edafología de la UBIPRO en la ENEP Iztacala-UNAM denominado: "Evaluación de Recursos Naturales en el Valle del Mezquital, Hidalgo", cuyo objetivo principal es valorar los recursos bióticos y abióticos del área, en especial del suelo, con la finalidad de proponer alternativas de manejo para su conservación y restauración. Para ello se han hecho el levantamiento fisiográfico, edafológico y una propuesta de ordenamiento ecológico para el área, cuya información y datos obtenidos del trabajo de campo y laboratorio se retoman para el desarrollo de esta investigación.

De acuerdo a lo anterior, el método seguido en el presente estudio comprendió varias etapas, ellas fueron:

### 7.1 Integración de información

Para lograr la integración y análisis de los datos obtenidos en los trabajos mencionados y efectuar la aplicación del sistema de información geográfica se siguieron las fases que van de acuerdo a los procesos funcionales que debe incluir un SIG:

#### 7.1.1 Obtención de datos cartográficos

A partir de los trabajos previos realizados en la zona, se digitalizaron los mapas de grupos mayores y unidades de suelo (edafológico) (Muñoz y López, 1986, 1987, 1988, 1989 y 1991), tipos de vegetación y uso del suelo (López y Muñoz, 1991), de hidrología y de áreas erosionadas por pérdida de cobertura de acuerdo al sistema FAO de 1954 (López, 2001). Además se digitalizó el mapa de isoyetas del área elaborado por CETENAL (1970).

Se utilizó una tableta digitalizadora (DrawingBoard-III Marca CALCOMP) que está conectada a una computadora personal (PC) con procesador Pentium-III a 600 MHz, 128 Mb de Memoria RAM y 20 Gb en disco duro, en la que está instalado el software utilizado: ILWIS para Windows (Integrated Land and Water Information System versión 2.23).

Asimismo, se digitalizaron los mapas de litología superficial y de Sistemas Ecogeográficos (Mapas 6 y 7) utilizando un compuesto en falso color de una imagen satelital LANDSAT-TM. Posteriormente, y utilizando el Modelo Digital de Elevación (DEM por sus siglas en inglés: Digital Elevation Model) de la zona, elaborado por INEGI (1999), se generó el mapa de clases de terreno por pendiente.

Los mapas digitalizados y los generados a través del SIG, se utilizaron para la obtención de mapas de erosión potencial laminar hídrica y erosión potencial laminar eólica, mediante la multiplicación de capas de información como se indica a continuación:

Aplicando los criterios elaborados por FAO (1980) modificados por SEDESOL-INE (1993), se ponderaron los datos asignándoles valores numéricos para hacer una reclasificación de los

mapas de: grupos mayores y unidades de suelos (CAERO), texturas (CATEX), tipos de vegetación y uso del suelo (CAUSO) y clases de pendiente (CATOP). Además se calcularon los mapas de IALLU (Índice de agresividad de lluvia) e IAVIE (Índice de agresividad de vientos) utilizando el mapa de isoyetas. Mediante la multiplicación de estos mapas, se obtuvieron los de *índice de erosión potencial laminar hídrica* e *índice de erosión potencial laminar eólica* que indican las toneladas de suelo perdido por hectárea por año. Estos cálculos, así como la ponderación de los datos se realizaron de la siguiente manera:

- 1) **Definición del área como zona de influencia de erosión hídrica o eólica.** Esto se realizó mediante el cálculo del PECRE (período de crecimiento o número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo) mediante la siguiente fórmula:

$$\text{PECRE} = 0.2408 (\text{precipitación}) - 0.0000372 (\text{precipitación})^2 - 33.1019$$

El cálculo se hizo considerando el mapa de isoyetas del área que incluye los valores de 400, 450 y 500 mm de precipitación media anual respectivamente, obteniendo áreas con 3 PECRE diferentes.

- 2) Con los PECRE obtenidos, se calculó el índice de agresividad de la lluvia (IALLU) y el índice de agresividad del viento (IAVIE), mediante los siguientes algoritmos:

$$\text{IALLU} = 1.1244 (\text{PECRE}) - 14.7875$$

$$\text{IAVIE} = 160.8252 - 0.7660 (\text{PECRE})$$

Se obtuvieron los mapas respectivos.

- 3) El criterio de calificación del área con influencia de erosión hídrica o eólica fue la siguiente: si el IALLU es mayor de 50, se considera zona de influencia para el estudio de la erosión hídrica; si el IAVIE es mayor de 20, se considera como zona de influencia para el estudio de la erosión eólica. Con esta información, se pudo definir si en la zona se presentaban los dos tipos de erosión.
- 4) **Evaluación de la erosión potencial laminar hídrica (EPL).** Una vez definida el área como zona de erosión hídrica, se procedió a la obtención de distintos factores que, junto con el IALLU, fueron multiplicados para determinar las toneladas de suelo por hectárea por año perdidas por erosión hídrica.

Para ello, se consultó la información sobre grupos mayores de suelo, fases y clases texturales.

- 5) Cada grupo o unidad de suelo presenta un grado de erodabilidad o susceptibilidad a erosionarse, por lo que para el caso de los grupos encontrados en el área, se asignó la calificación siguiente:

<b>CAERO</b> (Calificación por erodabilidad)	<b>GRUPO MAYOR DE SUELO</b> (Abreviaturas convencionales de las unidades de suelo FAO/UNESCO, 1988)
0.5	FLc, LPk, PHc, PHh, PHI
1.0	FLe, RGc, RGe, LVx
2.0	LPq, LPm, LPe, VRe

- 6) Se obtuvo la calificación de textura (CATEX) para cada tipo de textura de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>CATEX</b>	<b>TEXTURA</b>
0.2	1 (gruesa)
0.3	2 (media)
0.1	3 (fina)

- 7) Se obtuvo la calificación para la topografía (CATOP) mediante el cálculo de la pendiente y definición del tipo de topoforma.

Se asignó la calificación del factor topográfico de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>CATOP</b>	<b>CLASE DE PENDIENTE</b>	<b>INTERVALO (%)</b>	<b>TOPOFORMA</b>
0.35	a	0-8	Valle, llanura, meseta con variación de 500 m
3.50	b	8-30	Lomeríos, meseta con variación de 500 a 750 m
11.0	c	Mayor de 30	Sierra, bajada, meseta con variación mayor de 750 m

- 8) Se obtuvo la calificación por uso del suelo (CAUSO) de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>CAUSO</b>	<b>VEGETACIÓN</b>
0.80	Agrícola, Riego
0.10	Bosque, Selva Baja
0.15	Matorral

- 9) Finalmente, se obtuvo el mapa de *índice de erosión potencial laminar hídrica (EPLH)* en toneladas por hectárea por año mediante la multiplicación de los mapas con los valores de IALLU, CAERO, CATEX, CATOP y CAUSO. Los valores de este mapa obedecen a los criterios de FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993) de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>EROSION LAMINAR HIDRICA</b>	
Ligera	Menor de 10 ton/ha/año
Moderada	De 10 a 50 ton/ha/año
Alta	De 50 a 200 ton/ha/año
Muy Alta	Mayor de 200 ton/ha/año

Dado que la zona resultó ser afectada también por la erosión eólica, de acuerdo a los datos obtenidos del IAVIE, se calculó el índice de erosión laminar eólica de la siguiente manera:

- 10) **Evaluación de la erosión potencial laminar eólica (EPLE).** Se obtuvieron los valores que fueron multiplicados para conocer la cantidad de suelo perdido por este tipo de erosión y su correspondiente mapa.
- 11) De los grupos mayores de suelo, se determinó que los Leptosoles Réndzicos y Líticos, los Feozem Calcáricos, los Fluvisoles Calcáricos y los Regosoles Calcáricos son suelos calcáreos.
- 12) De los suelos que no fueron calcáreos (el resto de los grupos mayores determinados en la zona), se procedió a calificar la textura (**CATEX**) de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>CATEX</b>	<b>TEXTURA</b>
3.5	1 (gruesa)
1.25	2 (media)
1.85	3 (fina)

- 13) Para los suelos calcáreos, la calificación de textura se obtuvo de acuerdo a los siguientes valores:

<b>CATEX PARA SUELOS CALCAREOS</b>	<b>TEXTURA</b>
3.5	1 (gruesa)
1.75	2 (media)
1.85	3 (fina)

- 14) Sin importar el tipo de suelo, se obtuvo la calificación de uso (**CAUSO**) de acuerdo a la siguiente tabla:

<b>CAUSO</b>	<b>VEGETACIÓN</b>
0.70	Agricultura de Temporal
0.20	Agricultura de Riego
0.15	Matorral, Bosque, Selva Baja

- 15) Se multiplicaron los mapas de valores obtenidos de IAVIE, CATEX y CAUSO para obtener el mapa de *índice de erosión laminar eólica (EPLÉ)* en toneladas por hectárea por año, el cual se clasificó de acuerdo a la siguiente tabla:

CLASE DE EROSION.	VALOR DE LA EROSIÓN EÓLICA
Sin Erosión	Menor de 12 ton/ha/año
Ligera	De 12 a 50 ton/ha/año
Moderada	De 50 a 100 ton/ha/año
Alta	De 100 a 200 ton/ha/año
Muy Alta	Mayor de 200 ton/ha/año

### 7.1.2 Manejo y almacenamiento de datos de los suelos del área

Retomando los datos de los análisis físico-químicos realizados en el levantamiento edafológico (Muñoz y López, 1986, 1987, 1988, 1989 y 1991), se construyó una base de datos que va asociada al mapa de grupos mayores de suelos. Dicha base de datos contiene valores de compactación, cementación, plasticidad, adhesividad, consistencia, estructura, color en seco y húmedo, porcentaje de arenas, limos y arcillas, clase textural, densidad aparente y real, porcentaje de porosidad, porcentaje de materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico total, calcio, magnesio, carbonatos, bicarbonatos y cloruros.

Los muestreos de todos los puntos fueron a profundidades variables, de acuerdo a los horizontes edafológicos encontrados, e implicó realizar perfiles y barrenas desde 0 hasta 250 cm como máximo, de acuerdo a la morfología del suelo de cada perfil; por lo cual, es importante mencionar que en el presente estudio se tomaron en cuenta *únicamente* los valores del horizonte superficial de cada sitio muestreado para elaborar la base de datos.

### 7.1.3 Transformación y análisis de datos

Una vez obtenidos los mapas mencionados, se realizó una rasterización de ellos para multiplicarlos, mediante los algoritmos del comando MAPCALC del programa, y generar los mapas de *índice de erosión potencial laminar hídrica* e *índice de erosión potencial laminar eólica* (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993).

#### **7.1.4 Presentación de productos**

Los mapas producidos fueron:

1. Grupos mayores y unidades de suelos.
2. Tipos de vegetación y uso del suelo.
3. Isoyetas de la precipitación media anual para la zona.
4. Litología Superficial.
5. Sistemas Ecogeográficos.
6. Clases de pendiente.
7. Hidrología superficial.
8. Clasificación de áreas erosionadas por pérdida de cobertura (FAO, 1954. En: Sánchez, 1992)
9. Erosión potencial laminar hídrica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993).
10. Erosión potencial laminar eólica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993).

Además se obtuvo la base de datos correspondiente al mapa de grupos mayores y unidades de suelo.

#### **7.2 Elaboración del reporte técnico**

Una vez obtenidos los mapas mencionados, se procedió a su análisis detallado con lo cual se pudieron obtener las conclusiones de acuerdo a los objetivos del estudio, así como las recomendaciones sugeridas.

#### **7.3 Edición final de la cartografía digital**

Los mapas obtenidos se editaron en el mismo software (ILWIS), se imprimieron en una impresora de inyección de tinta de color marca HP DeskJet 880C y un graficador marca HP DeskJet 750C-Plus.

## 8. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 8.1 Caracterización de los Grupos Mayores y Unidades de suelo

#### 8.1.1 Generalidades

En la presente investigación se determinaron 7 Grupos Mayores de suelos dominantes y 13 Unidades de acuerdo al criterio FAO-UNESCO (1988) (Cuadro 2).

A continuación se describen de manera general las características de cada uno de los grupos mayores:

*Fluvisol (FL)*, que presenta 2 unidades: F. Calcárico y F. Éutrico. Se localiza sobre los fondos de los valles y barrancas por donde fluye el agua de escorrentía y se deposita material aluvial. El uso que tienen es la agricultura de temporal y de riego, en otros casos soportan diversos tipos de matorrales espinosos. Normalmente, son suelos muy profundos y con abundante pedregosidad superficial e intrusiones en los horizontes, lo cual limita su empleo o requiere de mayor trabajo para incorporarlos a la producción.

*Leptosol (LP)*, con 4 unidades: L. Éutrico, L. Lítico, L. Mólico y L. Réndzico. Se caracterizan por ser suelos someros, con horizonte superficial menor de 30 cm, limitados por contactos Líticos o materiales clásticos altamente cementados, son ricos en materia orgánica. Se localizan sobre relieves accidentados, donde los afloramientos Líticos dominan el área, en mesas conglomeríticas y en zonas de barrancas donde las pendientes son muy pronunciadas. Se les encuentra soportando vegetación de tipo matorral espinoso deciduo, crasicaule y subinerme.

*Regosol (RG)*, con 2 unidades: R. Éutrico y R. Calcárico. Son suelos poco estables desarrollados en taludes y declives de la Sierra de Juárez y en los márgenes de laderas y cantiles de las sierras contiguas, en sitios donde la pendiente los convierte en áreas muy inestables manifestando movimiento de materiales continuos. Son muy gravosos y susceptibles de erosionarse, la vegetación que sostienen es de matorral subinerme y espinoso deciduo. Además se utilizan para actividades pecuarias, como agostaderos de ganado caprino y ovino.

*Luvisol (LV)*, con la unidad L. Crómico. Se distribuye hacia el Noreste de la zona, en donde el clima se hace más húmedo, lo que ha dado lugar a que estos suelos formen un horizonte de acumulación de arcilla. El sitio en donde están es de carácter montañoso de origen ígneo y sedimentario, con pendientes fuertes. La vegetación que sustentan es de pino-encino, encino. Por la complejidad geomorfológica, este suelo se encuentra asociado con Feozems y Regosoles.

*Vertisol (VR)*, con la unidad V. Éutrico. Es el de menor distribución, encontrándose en dos pequeños manchones apenas cartografiables, uno cerca de Rinconada, en el Valle de Tasquillo y el otro en La Mesa, cerca de Tolantongo. Son suelos con alto contenido de arcillas

expandibles, que se agrietan durante el período seco y se expanden durante la época lluviosa, presentan una estructura muy desarrollada y grande, provocando con esto algunos problemas para la labranza y desarrollo de plantas. Se les emplea para la agricultura de riego y plantaciones de nogal, en Tasquillo. Mientras que en la Mesa son destinados a agricultura temporalera de granos básicos de maíz y cebada.

*Feozem (PH)*, que presenta las unidades F. Háplico y F. Calcárico. Se localiza en sitios en donde el substrato es de origen ígneo y/o volcanosedimentario. Normalmente están sobre geoformas cerriles, planicies y mesas. Son suelos delgados pero evolutivamente desarrollados, con un horizonte superficial oscuro y buenos contenidos de materia orgánica; donde se desarrolla vegetación de matorral crasicaule, espinoso y subinerme y soportan agricultura de temporal de maíz y plantaciones de agave.

*Cambisol (CM)*, que presenta la unidad C. Éutrico. Se encuentra sobre substratos de origen ígneo, en sitios de alta montaña donde las geoformas predominantes son lomeríos con pendientes del 15% y/o >30% y relieve ondulado. Son suelos jóvenes resultantes de la intemperización *in situ* del material geológico. De colores rojo-amarillentos, textura franca, con una profundidad de 25 cm y saturación de bases de 50% o más. Típicamente presentan vegetación de bosque de pino-encino y enebro, aunque una buena parte de ellos ha sido desmontada para la introducción de agricultura de temporal.

FLUVISOL (FL)	LEPTOSOL (LP)	LUVISOL (LV)	FEOZEM (PH)	REGOSOL (RG)	VERTISOL (VR)	CAMBISOL (CM)
Éutrico (FLe)	Éutrico (LPe)	Crómico (LVx)	Calcárico (PHc)	Éutrico (RGe)	Éutrico (VRe)	Éutrico (CMe)
Calcárico (FLc)	Lítico (LPq)		Háplico (PHh)	Calcárico (RGc)		
	Mólico (LPm)					
	Réndzico (LPk)					

Cuadro 2. Grupos Mayores y unidades de suelo reconocidas en la zona

La superficie y porcentaje de distribución de los diferentes Grupos Mayores de suelo encontrados en la zona, se muestran en la Figura 6.

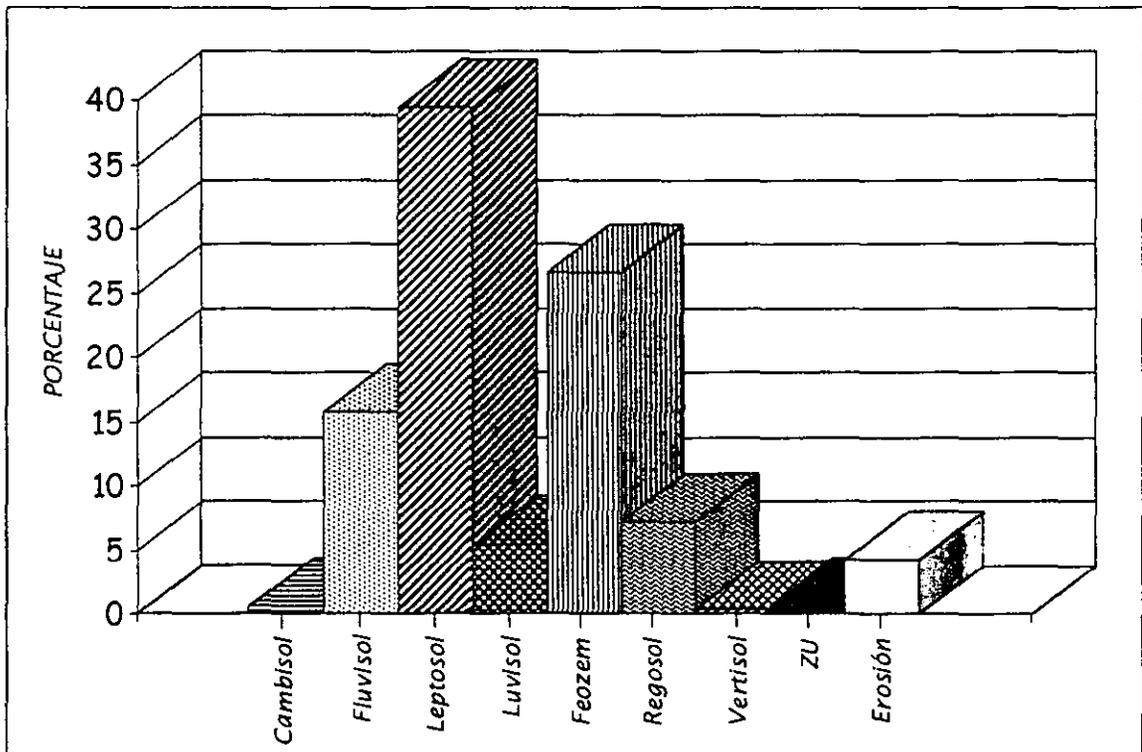


Figura 6. Gráfica de superficies de grupos mayores de suelos determinados

## 8.1.2 Descripción de los Grupos Mayores y Unidades de suelos detectadas

### 8.1.2.1 Descripción del Grupo Mayor FLUVISOL (FL)

#### a) Definición

Suelos que muestran propiedades flúvicas y no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico, un A Mólico, un A úmbrico, un Hístico o un horizonte sulfúrico o material sulfídico dentro de los 125 cm de profundidad (Ortiz Solorio *et al.*, 1994). Son suelos formados a partir de materiales minerales y orgánicos que fueron producto de un transporte y una depositación ya sea marina, lacustre o flúvica y que con regularidad siguen recibiendo materiales frescos. Además, se caracterizan por presentar discontinuidades litológicas, y fluctuaciones en los contenidos de materia orgánica a través de su profundidad (FAO, 1990 en Muñoz, 1999).

#### b) Superficie y distribución

Los Fluvisoles cubren una superficie de 11 203.30 ha que representan el 15.72% del total investigado. Son suelos que se forman a partir de los materiales transportados de las partes altas. Se distribuyen hacia el Suroeste del área en el Valle de Tasquillo-Juchitán. En la porción Centro- Sur del área se encuentran desde los poblados de Orizabita, Dexthí y Durazno hasta El Dexthó, el Mandhó y todo el Valle de Ixmiquilpan - San Nicolás, cubriendo también los poblados de Remedios, Lázaro Cárdenas, Samayoa y más al Este, Capula. En la parte Centro se presentan en las localidades de Bingú, Sabanillas y El Botho al Oeste de la Faceta Cerril de El Sauz. Finalmente, se distribuye en dos porciones muy pequeñas, una en el Noroeste de la zona en los poblados de Cuaxithá y Puerto Juárez y la otra hacia el Noreste en el área de barrancas, formando las terrazas aluviales del fondo del Río Tolantongo.

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

La mayor parte de la superficie de estos suelos es empleada para la agricultura de riego, constituyendo gran parte del Distrito de Riego 063, del Valle del Mezquital. Donde las parcelas se disponen en forma de terrazas y se delimitan con barreras físicas de piedra acomodada, o con barreras biológicas de *Agave*, *Opuntia*, mezquite, mimbre y/o árboles frutales como higos, granadas, olivos y nogales. Son los suelos más productivos y donde se encuentra la mayor agrobiodiversidad, pues se cultivan especies como: alfalfa, hortalizas (jitomates, tomates, calabazas, cilantro, perejil, acelgas, col, rábano) y pastos forrajeros. Sin embargo, la elección y la producción de estos depende de la calidad de agua que se emplea para su crecimiento; de tal forma que en las regiones donde se practica el riego con aguas residuales, se encuentran limitados a practicar el cultivo de especies cuya parte consumible no tenga contacto directo con el suelo, a aquellos que no se consuman crudos o que sean para fines forrajeros, debido a que los niveles de contaminación se han incrementando, provocando la reducción de la diversidad y en consecuencia la productividad (Mendoza y Cortés, 1994). En la zona de Tolantongo se utilizan para la producción intensiva de hortalizas, café y frutales de tipo tropical (plátanos, cítricos, mangos, papaya, etc.) ya que son irrigados con agua dulce

no contaminada. Los Fluvisoles que se encuentran en las zonas secas son destinados para cultivos temporales de frijol, haba, maíz, trigo y cebada, complementados con maguey y frutales (higos, granadas y duraznos). En algunas zonas de barrancas aún se puede encontrar pequeñas áreas de vegetación de matorral espinoso de *Prosopis*. En los Fluvisoles encontrados en la vega del Río Tula, se desarrolla vegetación riparia con bosque de galería, donde el dominante fisonómico es el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*).

#### **d) Descripción geomorfológica**

Todos los Fluvisoles se han formado de sedimentos clásticos (ígneos y calizos) recientes, acumulados en las partes bajas de las barrancas y/o en los abanicos de los valles, donde la fisiografía está representada por relieves planos y ligeramente ondulados, con pendientes que van del 2 al 4%. Las geoformas son bajas y hendidas, localizadas, principalmente, en el sistema ecogeográfico Ixmiquilpan-Alfajayucan, de clima BS<sub>0</sub> (seco estepario); y en menor proporción en depósitos aluviales de Puerto Juárez, perteneciente al sistema ecogeográfico Zimapán, con clima BS<sub>1</sub> (semiárido) y en la vega aluvial de la Barranca de Tolantongo con clima de tipo semicálido subhúmedo (AC), correspondiente al sistema ecogeográfico Agua Florida.

#### **e) Descripción morfológica de las Unidades**

Los Fluvisoles o suelos aluviales se derivan de sedimentos depositados por el agua y no muestran un desarrollo sobresaliente de horizontes. FAO/UNESCO (1988) cita que este tipo de suelos son azonales, jóvenes, someros o profundos en función del tipo de materiales que lo forman y no presentan horizonte B.

En la zona se encontraron dos unidades F. Éutrico y F. Calcárico.

##### **i) Fluvisol Éutrico (FLe)**

Esta unidad presenta un horizonte superficial A de color pardo grisáceo claro a muy oscuro y gris claro en seco y de pardo a pardo muy oscuro y gris muy oscuro en húmedo; de clase textural de franco limosa a franco arcillo arenoso; estructura de laminar poliédrica a granular y subangular, de pequeña a mediana, y de débil a moderadamente desarrollada; de consistencia suelta a firme. El horizonte C es de color pardo grisáceo a pardo muy oscuro en seco y en algunos casos de gris claro a blanco; clase textural de franco arcillosa a arena francosa y franca; estructura de granular a poliédrica, de pequeña a mediana y de débil a fuertemente desarrollada; de consistencia de suelta a firme.

##### **ii) Fluvisol Calcárico (FLc)**

Este suelo presenta un horizonte superficial A de color pardo grisáceo a pardo oscuro en seco y pardo grisáceo a pardo muy oscuro en húmedo; de clase textural franco arenosa a franco arcillo arenosa; de estructura granular a poliédrica subangular y angular, de fina a media, y de pobremente a bien desarrollada; y de consistencia friable. El horizonte C es de color pardo

pálido a pardo grisáceo en seco y pardo a pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; de clase textural de franco arenosa a arena francosa; de estructura de grano simple a granular y poliédrica subangular, de tamaño fino y de débil a fuertemente desarrollada; con consistencia friable muy friable.

#### **f) Génesis**

Estos suelos son de origen transportado, por arrastre y depositación de material aluvial reciente, donde el factor formador más importante es el relieve. Las diferencias observadas en los horizontes como textura y color se deben a variaciones de sedimentación más que a procesos de formación, son suelos jóvenes y no poseen ninguna secuencia genética en sus horizontes.

Se observa un desarrollo incipiente de los horizontes. El cambio del horizonte A al C a veces es difícil de observar. También presentan una estratificación muy fina típica de este tipo de suelos. Debido al aporte continuo de sedimentos que reciben, siempre están rejuveneciéndose, impidiéndose de este modo el desarrollo normal. En algunos aluviones profundos es posible encontrar suelos enterrados, como sucede en San Juanico.

#### **g) Atributos y cualidades**

Los Fluvisoles son buenos para la agricultura porque su fertilidad es en general más alta que la de otros suelos circundantes e incluso más maduros. La explotación agrícola moderada es excelente; de hecho estos suelos son los más productivos del área. Sin embargo, el avenamiento y el riego son necesarios para garantizar buenos rendimientos, sobre todo con el uso de aguas residuales, que incrementan su fertilidad. Presentan una muy buena permeabilidad, consistencia y textura gracias a su balance en el contenido de arcillas y arenas, esto es observable por el desarrollo de gran cantidad de raíces medias y gruesas, así como la profundidad que logran.

#### **h) Limitantes agrológicas**

El clima dominante de la región es semiseco estepario con un máximo de tres meses de lluvia, lo que limita la productividad de las parcelas de agricultura de temporal, sobre todo las destinadas para la producción de granos básicos; en sitios cercanos a las bases de las montañas y los inicios de las barrancas un problema evidente es la pedregosidad superficial y las intrusiones excesivas que limitan el desarrollo vegetal y las prácticas culturales.

Por otra parte, en las zonas de agricultura de riego, en contraste con una buena productividad, se presentan problemas como: contaminación e inundación, con la consecuente formación de costras de sales, compactación y cementación, provocadas por el exceso de irrigación con agua residual y del empleo continuo de maquinaria. Asimismo, estos fenómenos propician la pérdida del suelo por erosión hídrica con la consecuente pérdida de nutrientes, favorecido por las texturas gruesas.

Otro problema que se presenta es la erosión continua de estos suelos que en un momento dado soportaron vegetación natural de mezquite, pero al estar sujetos a la eliminación de la cobertura natural, sobrepastoreo y sin prácticas de restauración, han incrementados el procesos de degradación.

Por lo anterior, es necesaria la implementación de obras de restauración-conservación en las zonas de temporal; mientras que en el área de riego se requieren la implementación de prácticas de mejoramiento con la finalidad de disminuir la salinidad, evitar la inundación y favorecer el restablecimiento de las propiedades y fertilidad del suelo.

### i) Perfil representativo

#### - Descripción morfológica

En el Cuadro 3 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Fluvisoles Éutricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>p11</sub>	0-13	Este horizonte presenta una coloración pardo grisáceo oscuro en seco y pardo muy oscuro en húmedo, con textura franco limosa, de estructura granular y poliédrica pequeña, poco desarrollada. Ligeramente compacto, muy plástico, adhesivo, de consistencia suelta y no cementado. Con escasos macroporos vesiculares y verticales. Raíces finas y medianas abundantes, con concreciones, sin intrusiones, de permeabilidad rápida y de reacción ligera al HCl.
A <sub>p12</sub>	13-38	De color gris parduzco claro en seco y pardo oscuro en húmedo, con textura franco limosa, de estructura poliédrica subangular mediana bien desarrollada. Ligeramente compacto, no cementado, muy plástico, adhesivo y de consistencia suelta. Con abundantes poros verticales e inclinados y horizontales vesiculares. Raíces medias abundantes. Con concreciones y algunas intrusiones. De permeabilidad lenta y de reacción ligera al HCl.
C <sub>11</sub>	38-60	De color pardo muy pálido en seco y pardo muy oscuro en húmedo, textura franca y estructura poliédrica mediana bien desarrollada. Compacto, no cementado, muy plástico y adhesivo, de consistencia suelta. Con escasos macroporos vesiculares verticales y horizontales. Raíces medias abundantes. Con concreciones y algunas intrusiones. De permeabilidad lenta y de reacción ligera al HCl.
C <sub>12</sub>	60-81	De color gris claro en seco y pardo muy oscuro en húmedo, textura franca y estructura poliédrica, de tamaño mediano, bien desarrollada. Compacto, no cementado, muy plástico, adhesivo y de consistencia suelta. Muy abundantes macroporos diagonales, horizontales y oblicuos. Raíces medias abundantes. Con concreciones, sin intrusiones. De permeabilidad muy lenta y de reacción ligera al HCl.
2C <sub>2</sub>	81-101	De color gris parduzco claro en seco y pardo oscuro en húmedo, textura franca y estructura poliédrica de tamaño pequeño débilmente desarrollada. Compacto, no cementado, muy plástico, muy adhesivo y de consistencia suelta. Abundantes macroporos verticales y horizontales. Raíces finas escasas. Sin concreciones, ni intrusiones. De permeabilidad muy lenta y de reacción ligera al HCl.
3C <sub>3</sub>	101-162	De color pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, textura franco arcillosa y estructura granular mediana bien desarrollada. Compacto, no cementado, plástico, adhesivo y de consistencia friable. Escasos macroporos vesiculares verticales y horizontales. Sin raíces. Sin concreciones ni intrusiones. De permeabilidad extremadamente lenta y de reacción ligera al HCl.

Cuadro 3. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Fluvisoles Éutricos.

En el Cuadro 4 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Fluvisoles Calcáricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
Ap	0-10	Horizonte de color pardo grisáceo en seco y pardo oscuro en húmedo. De textura franco arenosa y estructura poliédrica media y fina, moderadamente desarrollada. Compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con presencia de raíces finas y abundantes, pequeñas y abundantes intrusiones, de rápida permeabilidad y reacción ligera al HCl.
2A	10-24	De color pardo grisáceo en seco y pardo oscuro en húmedo. De textura franca y estructura poliédrica subangular media, bien desarrollada. Compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con presencia de abundantes raíces medias y abundantes intrusiones, de rápida permeabilidad y reacción violenta al HCl.
2AC	24-39	De color pardo grisáceo en seco y pardo oscuro en húmedo. De textura franco arenosa y estructura de grano simple, débilmente desarrollada. Compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con presencia de pocas raíces finas y abundantes intrusiones, de rápida permeabilidad y reacción violenta al HCl.
2C	39-86	De color gris parduzco claro en seco y pardo amarillento claro en húmedo. De textura franca y estructura de grano simple, débilmente desarrollada. Compacto, sin cementación, plástico, adhesivo y de consistencia friable. Con escasas raíces finas y abundantes intrusiones en forma de cantos rodados ígneos, de rápida permeabilidad y reacción violenta al HCl.
3C	86-118	Color gris parduzco claro en seco y café amarillento claro en húmedo. De textura franco arenosa y estructura de grano simple, débilmente desarrollada. Muy compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. No presenta raíces, pequeñas y abundantes intrusiones, de rápida permeabilidad y reacción violenta al HCl.

Cuadro 4. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Fluvisoles Calcáricos.

### - Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Fluvisoles Éutricos se muestran en el Cuadro 5. En la figura 7 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

#### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 30' 57" de L.N. y 99° 14' 10" de L.W., 1 Km al este de La Heredad. RELIEVE: Ligeramente ondulado.  
 CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado. PENDIENTE: 4%.  
 ALTITUD: 1680 msnm. USO DEL SUELO: Agricultura de riego.  
 GEOLOGÍA: Depósitos clásticos del Cuaternario. TIPO DE VEGETACIÓN: Sin vegetación natural.  
 ZONA ECOLÓGICA: Árida. PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Ausente.  
 PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. PROBLEMÁTICA: Relieve.  
 SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan. USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud alta.  
 UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle. Fecha: 03-07-86 Perfil N° 17.

#### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
Ap <sub>11</sub>	0 - 13	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc.	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	44	52	4	FRANCO-LIMOSA
Ap <sub>12</sub>	13 - 38	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 3/3 pardo oscuro	42	54	4	FRANCO-LIMOSA
C <sub>11</sub>	38 - 60	10 YR 7/3 pardo muy pálido	10 YR 4/3 pardo muy oscuro	34	38	28	FRANCA
C <sub>12</sub>	60 - 81	10 YR 7/2 gris claro	10 YR 4/3 pardo muy oscuro	34	40	26	FRANCA
2C <sub>2</sub>	81-101	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 3/3 pardo oscuro	34	40	26	FRANCA
3C <sub>3</sub>	101-162	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	28	34	38	FRANCO ARCILLOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	Cl %
Ap <sub>11</sub>	0 - 13	0.98	2.27	56.82	8.31	3.93	62.8	19
Ap <sub>12</sub>	13 - 38	1.00	2.50	60.00	8.76	1.87	45.6	7.2
C <sub>11</sub>	38 - 60	1.11	2.38	53.36	9.42	1.37	31.8	5.5
C <sub>12</sub>	60 - 81	1.07	2.27	52.86	9.07	1.62	30.0	3.6
2C <sub>2</sub>	81-101	1.09	2.27	51.98	9.20	1.87	33.6	2.9
3C <sub>3</sub>	101-162	1.05	2.27	53.74	8.96	0.86	38.2	2.9

Cuadro 5. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Fluvisoles Éutricos.

De igual forma, la descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Fluvisoles Calcáricos se muestran en el Cuadro 6. En la figura 8 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 30' 39" de L.N. y 99° 13' 32" de L.W., 1.5 Km al Noreste de San Juanico.  
 CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado.  
 ALTITUD: 1680 msnm.  
 GEOLOGÍA: Aluvión, depositos clásticos del Cuaternario reciente.  
 ZONA ECOLÓGICA: Árida.  
 PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.  
 SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan.  
 UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: 4%.

USO DEL SUELO: Agricultura de riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante.

PROBLEMÁTICA: La pedregosidad.

USO POTENCIAL: Agrícola de riego con aptitud media.

Fecha: 03-07-86

Perfil N° 19.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
Ap	0 - 10	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/3 pardo oscuro	66	14	20	FRANCO ARENOSA
2A	10 - 24	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/3 pardo oscuro	44	48	8	FRANCA
2AC	24 - 39	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/3 pardo oscuro	58	24	18	FRANCO ARENOSA
2C	39 - 86	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 4/4 pardo amarillento claro	46	30	24	FRANCA
3C	86 - 118	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 4/4 pardo amarillento claro	66	22	12	FRANCO ARENOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	CI %
Ap	0 - 10	1.16	2.63	55.89	8.54	2.55	27.4	5.8
2A	10 - 24	1.18	2.63	55.13	8.72	2.24	26.0	2.9
2AC	24 - 39	1.16	2.63	55.89	9.73	1.68	28.0	2.6
2C	39 - 86	1.17	2.63	55.51	9.67	0.94	28.4	2.6
3C	86 - 118	1.34	2.50	46.40	9.50	0.69	19.2	2.7

Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas representativas de los Fluvisoles Calcáricos.

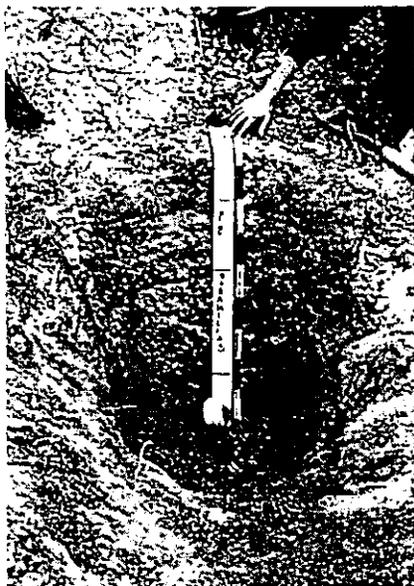


Figura 7. Perfil y vista panorámica de un Fluvisol Éútrico

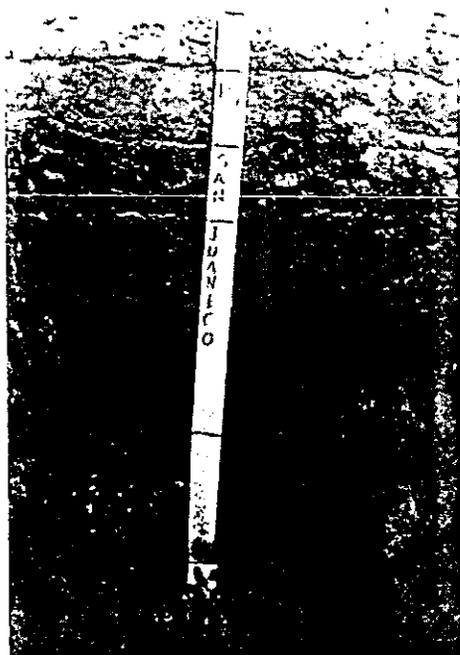


Figura 8. Perfil y vista panorámica de un Fluvisol Calcárico

### 8.1.2.2 Descripción del Grupo Mayor LEPTOSOL (LP)

#### a) Definición

Son suelos limitados en profundidad por roca dura continua o material calcáreo con más del 40% de  $\text{CaCO}_3$  equivalente, o una capa cementada continua dentro de los primeros 30 cm, o que tienen menos de 20% de tierra fina dentro de los primeros 75 cm; no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A Mólico, A úmbrico, un A ócrico, con o sin B cámbico (Ortiz-Solorio *et al*, 1994). Son suelos someros con un nivel de desarrollo morfogenético que puede ir de bajo a medio, por lo que muestran una secuencia morfológica muy sencilla. Por definición, un suelo puede ser considerado como Leptosol si su profundidad es menor de los 20 cm. En realidad el establecimiento de un límite de profundidad resulta ser un tanto arbitrario, además de que los suelos no muestran un espesor constante a lo largo de toda su extensión (FAO, 1990 en Muñoz, 1999).

#### b) Superficie y distribución

Los Leptosoles cubren un área aproximada de 28 078.61 ha, correspondiendo al 39.40% del total estudiado. Se localizan en la porción Centro-Oeste de la zona, ocupando una buena parte del sistema ecogeográfico Cardonal-Dexthí, también se distribuye hacia el Cerro Juárez; de Sur a Norte, desde el poblado de El Durazno, hasta Dexthí, Naxthey, Cantamayé, Boxhuadá y La Palma. En la parte Este del área de estudio, se encuentra distribuido en mayor proporción el Leptosol Réndzico, dentro de los Sistemas Ecogeográficos Agua Florida (Noreste de El Bingú, Cardonal y San Miguel Tlazintla), Agua Hedionda (Norte del poblado Emilio Hernández) y El Sauz Sierra (Cerro Xuemeyé). En menor proporción, se encuentra el Leptosol Lítico en los sistemas Agua Florida (Tolantongo y La Mesa) y El Sauz Sierra, al Noroeste de Emilio Hernández y al Suroeste de San Cristóbal.

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

Los que se ubican hacia el Norte, cuentan con una vegetación natural de bosque de pino, encino y enebro, los que se encuentran en la zona de mesas, tienen vegetación natural de matorrales crasicaule, subinorme y espinoso deciduo. En la parte Este de la zona, soportan matorrales inermes, subinermes y rosetófilos.

En la porción localizada al Sur de Remedios y Rinconada, una parte conserva la vegetación natural de matorral crasicaule y el resto es utilizado con fines agrícolas, siendo la agricultura de riego la práctica utilizada. En buena parte son empleados para agricultura de temporal.

#### d) Descripción geomorfológica

La mayor parte se ubica sobre conglomerados de la Formación Tarango. La porción ubicada al Sur de Ojuelos está sobre lutitas de la Formación las Trancas. Salvo esta última zona, que tiene un clima templado subhúmedo con lluvias en verano, el resto de los Leptosoles se presentan en un clima semiárido. En cuanto al relieve, los Leptosoles de la

zona de Barrancas y de la parte Norte tienen pendientes moderadamente inclinadas e inclinadas y la franja ubicada al Sur de Remedios tiene pendiente ligeramente ondulada. Por último, los localizados en el Cerro Juárez son de condición muy inclinada. De igual forma los que se ubican en la parte Este del área, tienen pendientes de ligeras a muy pronunciadas y se encuentran sobre substratos sedimentarios de calizas, conglomerados y arenisca con lutitas.

### **e) Descripción morfológica de las Unidades**

En los Leptosoles se incluyen a los suelos delgados y someros que están limitados en la parte profunda por capas continuas de roca, material altamente calcáreo o una capa cementada y continua a 30 cm de la superficie. La mayoría muestra un horizonte superficial mólico con altos contenidos de materia orgánica, estructura granular y consistencia suave. Predominan los colores pardo grisáceos oscuros, esto señala la presencia de humatos de calcio y complejos organo-minerales. La textura va de arena francosa a franco arenosa. En estos casos, presenta baja estructuración y deficiente retención del agua; aunque esto puede modificarse por el contenido de materia orgánica. Presentan una alta tendencia a erosionarse si se elimina la cobertura natural, abundantes intrusiones de tamaño variable, pocas raíces pequeñas y medianas y frecuentes afloramientos rocosos.

En la zona se encontraron cuatro unidades L. Éútrico, L. Lítico, L. Mólico y L. Réndzico.

#### **i) Leptosol Éútrico (LPe)**

Esta unidad presenta un horizonte superficial A de color pardo grisáceo oscuro en seco y muy oscuro en húmedo, de textura arena francosa y estructura granular simple muy fina pobremente desarrollada, sin cementación. El horizonte C es de color gris claro en seco y pardo a pardo oscuro en húmedo; de textura arena francosa y estructura poliédrica subangular de fina a grande moderadamente desarrollada; y cementado.

#### **ii) Leptosol Lítico (LPq)**

Este suelo presenta un horizonte superficial A de color gris parduzco claro a pardo grisáceo muy oscuro en seco y de pardo oscuro a negro en húmedo; de textura franco arenosa; estructura granular a poliédrica subangular fina, de débil a fuertemente desarrollada; y sin cementación. El horizonte C es de color gris claro a gris muy oscuro en seco y de pardo a negro en húmedo; de textura franco arenosa a franco arcilloarenosa; estructura granular y de condición masiva, de tamaño mediano, de débil a fuertemente desarrollada; con cementación por carbonatos.

#### **iii) Leptosol Mólico (LPm)**

Este suelo presenta un horizonte superficial A de color pardo grisáceo oscuro a gris oscuro en seco y de pardo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro en húmedo; de textura franca a arena francosa; estructura granular fina de débil a moderadamente desarrollada; y sin cementación. El horizonte C es de color pardo claro a pardo oscuro en seco y pardo rojizo a

pardo amarillento oscuro en húmedo; de textura arena migajosa a arena; de estructura granular mediana débilmente desarrollada; y sin cementación. El horizonte R es de color blanco en seco y pardo pálido en húmedo; es roca con estructura de condición masiva de consistencia extremadamente dura.

#### **iv) Leptosol Réndzico (LPk)**

El horizonte superficial A de estos suelos es de color pardo grisáceo y pardo oscuro a gris muy oscuro en seco y pardo grisáceo muy oscuro a negro en húmedo; de textura arena francosa a franco arenosa; con estructura poliédrica subangular mediana, moderadamente desarrollada, sin cementación, El horizonte R es de color pardo grisáceo claro a blanco en seco y pardo a pardo grisáceo claro en húmedo; es roca con estructura de condición masiva cementada por carbonatos de calcio.

#### **f) Génesis**

Los Leptosoles pueden considerarse como la parte inicial del desarrollo de casi cualquier tipo de suelo, los principales factores que intervienen en su génesis son: el tipo de roca, que por su dureza impide el desarrollo rápido; el clima seco, disminuye la velocidad de los procesos activos de la edafogénesis; y el tiempo corto que tienen de formación, por lo que los horizontes presentes A y C son muy incipientes. El área de estudio presenta heterogeneidad de relieves, así como de material parental que influyen directamente en la diferenciación de los Leptosoles y en el establecimiento de diferentes sistemas naturales y de la biodiversidad vegetal. Por lo que es muy importante especificar el origen y procesos de formación de los substratos geológicos que determinan los tipos de material parental de estos suelos. En el caso de la zona, por su importancia ecológica, es preciso diferenciar los Leptosoles derivados de materiales ígneos, calizos y volcanosedimentarios, que a pesar de que cumplen con las definiciones citadas para el grupo de suelo, en el terreno presentan características diferentes.

Por otra parte, de acuerdo con las características morfológicas que presentan los Leptosoles del área, se sitúan como las fases iniciales de desarrollo de otros grupos como Regosoles, Feozems y Cambisoles.

#### **g) Atributos y cualidades**

Estos suelos podrían ser adecuados para asentamientos humanos siempre y cuando se encuentren en zonas de pendientes suaves. La presencia de roca madre y/o tepetate puede ser utilizado para la colocación de cimientos fuertes y seguros para las construcciones, aunque habría problemas para establecer toda la infraestructura hidráulica de alcantarillado y agua potable. Otra cualidad es que son suelos con elevados contenidos de materia orgánica, que con los niveles adecuados de humedad, podrían ser de buena productividad forestal.

### h) Limitantes agrológicas

Son suelos limitados principalmente por la escasa profundidad, la alta pedregosidad superficial y el relieve. La presencia de capas rocosas o de tepetate obstaculiza el drenaje y el desarrollo de raíces.

La textura predominante no le confiere al suelo una adecuada capacidad para retener nutrientes y agua, aunque esto puede ser modificado por la cantidad de materia orgánica presente. Si se retira la vegetación son altamente susceptibles a ser erosionados por diversos agentes como el viento, la gravedad y el agua.

### i) Perfil representativo

#### - Descripción morfológica

En el Cuadro 7 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Leptosoles Éutricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-15	De color pardo grisáceo oscuro en seco y muy oscuro en húmedo. De textura areno francosa y estructura granular simple muy fina pobremente desarrollada. Sin compactación, cementación ni adhesividad. Ligeramente plástico y de consistencia suelta. Abundantes raíces pequeñas, intrusiones redondeadas de 1 a 5 cm, buena permeabilidad y reacción ligera al HCl.
C		Sedimentos no consolidados

Cuadro 7. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Éutricos.

En el Cuadro 8 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Leptosoles Líticos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>1</sub>	0-9	De color pardo grisáceo muy oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo. Textura franco arenosa. estructura granular y poliédrica subangular fina, poco desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con abundantes raíces finas y medianas, sin intrusiones, de permeabilidad rápida y reacción violenta al HCl.
AC	9-20	De color gris oscuro en seco y negro en húmedo. Textura franco arcillo-arenosa, estructura granular y poliédrica subangular fina, poco desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, adhesivo y de consistencia friable. Con abundantes raíces muy finas, frecuentes intrusiones, de permeabilidad rápida y reacción violenta al HCl.
R	>20	De color blanco en seco y gris a gris claro en húmedo. Roca basal de reacción violenta al HCl.

Cuadro 8. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Líticos.

En el Cuadro 9 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Leptosoles Mólicos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>p</sub>	0-25	De color pardo grisáceo oscuro en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo. De textura arena francosa y estructura granular fina pobremente desarrollada. Es suelto, sin cementación, no plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con frecuentes raíces finas, medias y gruesas, abundantes intrusiones, muy permeable y reacción ligera al HCl.
R	conglomerado	De color blanco en seco y pardo pálido en húmedo. Roca con estructura de condición masiva, muy compacta, sin plasticidad, ni adhesividad y de consistencia extremadamente dura.

Cuadro 9. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Mólicos.

En el Cuadro 10 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Leptosoles Réndzicos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>p</sub>	0-30	Horizonte de color gris oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo. De textura franco arenosa, con estructura poliédrica subangular mediana, moderadamente desarrollada. Ligeramente compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia firme. Con abundantes raíces finas, con escasas intrusiones, permeabilidad muy alta y reacción violenta al HCl.
R	cz	Caliza

Cuadro 10. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Leptosoles Réndzicos.

### - Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Leptosoles Eútricos se muestran en el Cuadro 11. En la Figura 9 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

#### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 32' 29" de L.N. y 99° 12' 42" de L.W., 500 m al Oeste de Los Remedios.

CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado.

ALTITUD: 1780 msnm.

GEOLOGÍA: Depósitos clásticos del Mioceno.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Plano-valle.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: 3%.

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal con matorral espinoso.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso de *Prosopis laevigata* con *Opuntia imbricata* y *Opuntia sp.*

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante.

PROBLEMÁTICA: Pedregosidad, compactación, relieve, suelo poco profundo y baja precipitación.

USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud baja

Fecha: 04-07-86

Perfil N° 28.

#### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>0</sub>	0 - 15	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	80	14	6	ARENA-FRANCOSA
C <sub>1</sub>	15 - 32	10 YR 7/2 gris claro	10 YR 4/3 pardo oscuro	84	14	2	ARENA-FRANCOSA
C <sub>2</sub>	32 - 47	10 YR 6/2 gris parduzco oscuro	10 YR 3/3 pardo oscuro	88	6	6	ARENA
C <sub>3</sub>	47 - 58	10 YR 8/2 blanco	10 YR 7/3 pardo muy pálido	86	10	4	ARENA-FRANCOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH ( 1: 2.5 )	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	CI %
A <sub>0</sub>	0 - 15	1.14	2.38	52.1	8.34	3.06	31.0	3.2
C <sub>1</sub>	15 - 32	1.83	2.08	50.4	8.21	1.19	23.9	2.0
C <sub>2</sub>	32 - 47	0.91	2.00	54.5	8.10	3.06	24.6	2.6
C <sub>3</sub>	47 - 58	1.13	2.27	50.2	8.14	1.12	24.4	2.7

Cuadro 11. Propiedades físicas y químicas representativas de los Leptosoles Eútricos.

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Leptosoles Líticos se muestran en el Cuadro 12. En la Figura 10 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 34' 30" de L.N. y 99° 04' 45" de L.W., 2 Km al Suroeste de El Sauz.	RELIEVE: Ligeramente ondulado.
CLIMA: BS <sub>1</sub> Seco templado.	PENDIENTE: 4%.
ALTITUD: 2210 msnm.	USO DEL SUELO: Pecuario caprino.
GEOLOGÍA: Rocas calizas.	TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasirosulifolio.
ZONA ECOLÓGICA: Templada.	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.
PROVINCIA ECOLÓGICA: Karst Huasteco.	PROBLEMÁTICA: Poca profundidad y erosión severa.
SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: El Sauz - Sierra.	USO POTENCIAL: Pecuario caprino con aptitud baja.
UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera de cerro.	Fecha: 02-07-86 Perfil N° 37.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>1</sub>	0 - 9	10 YR 3/2 pardo gris.muy obs.	10 YR 3/1 gris muy oscuro	66	32	2	FRANCO-ARENOSA
AC	9 - 20	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	58	20	22	FRANCO-ARCILLO-ARENOSA
R	20 <	5 YR 8/1 blanco	5 YR 6/1 gris claro	-	-	-	ROCA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	CI %
A <sub>1</sub>	0 - 9	0.96	2.17	55.76	7.97	6.92	80.0	2.8
AC	9 - 20	1.03	2.00	48.5	7.84	13.18	77.8	3.3
R	20 <	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 12. Propiedades físicas y químicas representativas de los Leptosoles Líticos.

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Leptosoles Mólicos se muestran en el Cuadro 13. En la Figura 11 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 36' 56" de L.N. y 99° 09' 18" de L.W., 3 Km al Este de El Olivo.  
 CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado.  
 ALTITUD: 1940 msnm.  
 GEOLOGÍA: Conglomerado de la Formación Tarango del Terciario.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.  
 PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.  
 SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Cardonal-Dexthí.  
 UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Lomerío.

RELIEVE: Ondulado convexo.

PENDIENTE: 10%.

USO DEL SUELO: Pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral espinoso de *Prosopis laevigata*, *Opuntia inbricata*, *Agave sp.* y *Jatropha dioica*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante.

PROBLEMÁTICA: Pedregosidad, pendiente y poca profundidad del suelo.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud media.

Fecha: 03-07-86

Perfil N° 46.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>p</sub>	0 - 25	10 YR 4/2 pardo grisáceo obs.	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	78	12	10	ARENA FRANCOZA
R	25 - 40	10 YR 8/2 blanco	10 YR 7/3 pardo pálido	-	-	-	CONGLOMERADO

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	Cl %
A <sub>p</sub>	0 - 25	1.23	2.17	43.4	8.4	3.04	24.4	3.6
R	25 - 40	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 13. Propiedades físicas y químicas representativas de los Leptosoles Mólicos.

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Leptosoles Réndzicos se muestran en el Cuadro 14. En la Figura 12 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 0' 0" de L.N. y 99° 0' 0" de L.W., 500 m al Este de El Cubo.	RELIEVE: Ondulado.
CLIMA: Cw <sub>0</sub> (w)b(i)g, Templado húmedo con lluvias en verano.	PENDIENTE: 8%.
ALTITUD: 1920 msnm.	USO DEL SUELO: Agricultura de temporal.
GEOLOGÍA: Roca caliza de la Formación Doctor, Cretácico Inferior.	TIPO DE VEGETACIÓN: Sin vegetación natural.
ZONA ECOLÓGICA: Templada.	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.
PROVINCIA ECOLÓGICA: Karst Huasteco.	PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, relieve y profundidad.
SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: El Sauz Valle.	USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud baja.
UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Lomerío.	Fecha: 03-07-86 Perfil N° 48.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>p</sub>	0 - 30	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 3/1 gris muy oscuro	58	24	18	FRANCO-ARENOSA
R	30 <	-	-	-	-	-	ROCA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)/Kg <sup>-1</sup>	Cl %
A <sub>p</sub>	0 - 30	1.03	2.00	48.5	7.5	7.33	53.4	4.3
R	30 <	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 14. Propiedades físicas y químicas representativas de los Leptosoles Réndzicos.

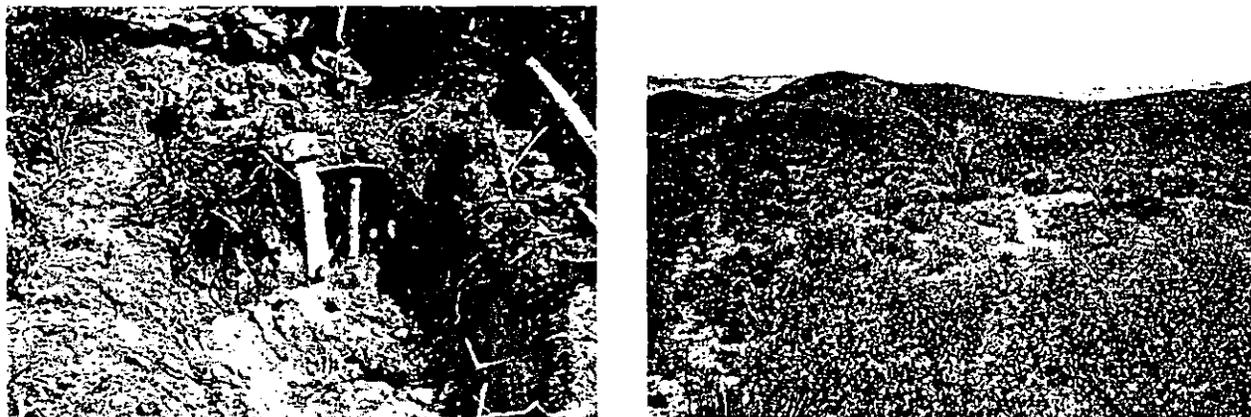


Figura 9. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Éútrico



Figura 10. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Lítico

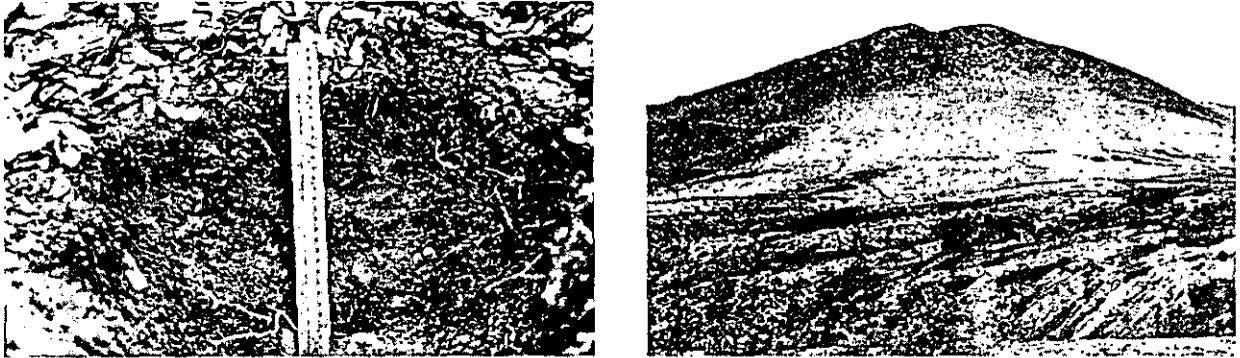


Figura 11. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Mólico



Figura 12. Perfil y vista panorámica de un Leptosol Réndzico

### 8.1.2.3. Descripción del Grupo Mayor LUVISOL (LV)

#### a) Definición

Suelos que tienen un horizonte B árgico, con una CIC mayor o igual a  $24 \text{ cmol}(+)\text{kg}^{-1}$  de arcilla y una saturación de bases del 50% o más a través del horizonte B; carecen de un horizonte A Mólico, de un horizonte E álbico inmediatamente encima de un horizonte poco permeable, del patrón de distribución de la arcilla y de las lengüetas, que son diagnóstico de Planosoles, Nitisoles y Podzoluvisoles, respectivamente (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994).

#### b) Superficie y distribución

Como Grupo ocupan el 5.45% del total del área de estudio (3 844.43 ha). Se encuentra distribuido al Noroeste de la zona, entre los Sistemas Ecogeográficos Sierra Juárez (Norte de Boxhuadá, La Lagunita y El Defay) y Agua Florida (Puerto Juárez, Banxhú y Agua Florida). Están asociados con Feozem Háptico y Regosol Éutrico en la área del Cerro La Palma, Cerro Xité, Barranca Ninjamayé y Ojuelos, siendo el Luvisol Crómico la unidad dominante y con Cambisol Éutrico entre el Defay y Agua Florida al Oeste de ambos poblados.

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

El Luvisol sustenta una vegetación natural de tipo bosque de pino-encino. En los sitios en donde la pendiente no es tan pronunciada, se usan para agricultura de temporal, cultivándose principalmente maíz y frijol.

#### d) Descripción geomorfológica

El Luvisol se presenta en zonas de media montaña donde el relieve va de inclinado a ondulado. El material parental está constituido por lutitas de la Formación Las Trancas. El clima en esta región de acuerdo al criterio de Köppen es del tipo templado subhúmedo con lluvias en verano.

#### e) Descripción morfológica de las Unidades

Este Grupo se caracteriza por la presencia de un horizonte superficial orgánico muy delgado constituido de residuos de musgos, líquenes, tallos y hojas de encino y pino. Subyaciendo a esta capa se encuentra un horizonte A ócrico de color amarillo, compacto, de estructura granular fina desarrollada, firme, arcilloso, con abundantes raíces, ácido y de permeabilidad moderada. Inmediatamente a esta capa aparece un horizonte B árgico con más de 70% de arcillas, estructura de bloque subangular media, de consistencia muy firme y de permeabilidad restringida. Posteriormente, se encuentra el horizonte C con estructura de roca friable, con arcilla heredada y con compactación alta.

En la zona se encontraron dos asociaciones: una con Feozem Háptico y Regosol Éutrico y otra, con Cambisol Éutrico.

El Luvisol Crómico (LVx) presenta un horizonte superficial A de color amarillo en seco y pardo fuerte en húmedo, de textura arcillosa y estructura granular fina y media débilmente desarrollada y compacto. El horizonte B es de color amarillo rojizo en seco y rojo amarillento en húmedo, de textura arcillosa y estructura poliédrica subangular débilmente desarrollada y ligeramente compacto. El horizonte C es de color amarillo en seco y pardo fuerte en húmedo, de textura arcillosa y estructura de condición masiva, moderadamente desarrollada y muy compacto. El Horizonte R está conformado por bloques de roca intemperizada.

#### **f) Génesis**

Estos suelos se han formado en gran parte por migración progresiva descendente de material coloidal orgánico y mineral. Inicialmente las sales solubles y los carbonatos son removidos por la cantidad moderada de precipitación, seguido por la translocación gradual de arcillas del horizonte superior para formar el horizonte medio; en este horizonte la arcilla es depositada como revestimientos en las superficies de pedos y poros. No se conoce el mecanismo de depositación de arcillas, sin embargo, el tamaño de las partículas sugiere que la cantidad de revestimiento es algo menor que la que podría esperarse de la cantidad de arcilla removida de los horizontes superiores.

Estos suelos requieren ciertas condiciones climatológicas para su ocurrencia pues necesitan de una estación seca bien definida y una buena precipitación.

#### **g) Atributos y cualidades**

El potencial agrícola de estos suelos varía de moderado a bueno. Se pueden utilizar para varios cultivos debido a que se presentan en condiciones de clima húmedo, así como para la cría de ganado lechero y horticultura. Sin embargo, se deben practicar rigurosos métodos de conservación durante todo el tiempo ya que se erosionan con facilidad. Para el caso particular de la zona de estudio, el uso más recomendable es el forestal.

#### **h) Limitantes agrológicas**

El principal factor demeritante que tiene la Unidad es el relieve, ya que se presenta en zonas de media montaña con pendientes muy fuertes de 13% a >30%. El segundo factor limitante es la clase textural, ya que debido a que presentan altos contenido de arcilla son muy fácil de anegarse afectando el flujo interno de agua y aire en la época lluviosa; mientras que en la época seca se estructura, formando agregados fuertemente desarrollados, que limita la germinación y desarrollo radicular. Las condiciones de acidez también son una limitante y por último, la alta susceptibilidad de ser erosionados cuando se les deja sin vegetación.

i) Perfil representativo

- Descripción morfológica

En el Cuadro 15 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Luvisoles Crómicos.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD LUVISOL CRÓMICO (LVx)

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-20	Horizonte de color amarillo en seco y pardo fuerte en húmedo, de textura arcillosa y estructura granular fina y media débilmente desarrollada. Compacto, de cementación nula, plástico, adhesivo y de consistencia firme. Con presencia de abundantes raíces finas, sin intrusiones, de permeabilidad moderada y sin reacción al HCl.
B <sub>t</sub>	20-60	Horizonte de color amarillo rojizo en seco y rojo amarillento en húmedo, de textura arcillosa y estructura poliédrica subangular ligeramente desarrollada. Ligeramente compacto, sin cementación, muy plástico, muy adhesivo y de consistencia muy firme. Con frecuentes raíces de tamaño medio. Sin intrusiones, de permeabilidad lenta y sin reacción al HCl.
C <sub>1</sub>	60-91	Horizonte de color amarillo en seco y pardo fuerte en húmedo, de textura arcillosa y estructura de condición masiva, moderadamente desarrollada. Muy compacto, sin cementación, muy plástico, muy adhesivo y de consistencia muy firme. Muy escasas raíces, sin intrusiones, de permeabilidad muy lenta y sin reacción al HCl.
R	> 90	Bloques de roca intemperizada.

Cuadro 15. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Luvisoles Crómicos.

### - Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

La descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Leptosoles Éutricos se muestran en el Cuadro 16. En la Figura 13 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

#### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 44' 55" de L.N. y 99° 16' 30" de L.W., 500 m al Oeste de Ojuelos.

CLIMA: C<sub>w</sub>(w)b(i)g, Templado húmedo con lluvias en verano.

ALTITUD: 2380 msnm.

GEOLOGÍA: Toba riolítica.

ZONA ECOLÓGICA: Templada.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Karst Huasteco.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Agua Florida.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Cerro.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: Más de 30%.

USO DEL SUELO: Forestal.

TIPO DE VEGETACIÓN: Bosque de pino-encino.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.

PROBLEMÁTICA: Pedregosidad y pendiente.

USO POTENCIAL: Forestal con aptitud baja.

Fecha: 23-02-91

Perfil N° 69.

#### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 20	10 YR 4/6 amarillo	7.5 YR 4/6 pardo	24	32	44	ARCILOSA
B <sub>t</sub>	20 - 60	7.5 YR 7/8 rojo amarillento	5 YR 5/8 rojo amarillento	10	18	72	ARCILOSA
C <sub>1</sub>	60 - 91	10 YR 7/8 amarillo	7.5 YR 7.5/6 pardo	18	20	62	ARCILOSA
R	91 <	-	-	-	-	-	ROCA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 20	0.99	2.85	65.26	6.13	3.00
B <sub>t</sub>	20 - 60	1.19	2.00	40.50	4.99	1.24
C <sub>1</sub>	60 - 91	0.92	2.38	61.34	5.09	1.87
R	91 <	-	-	-	-	-

Cuadro 16. Propiedades físicas y químicas representativas del Luvisol Crómico.

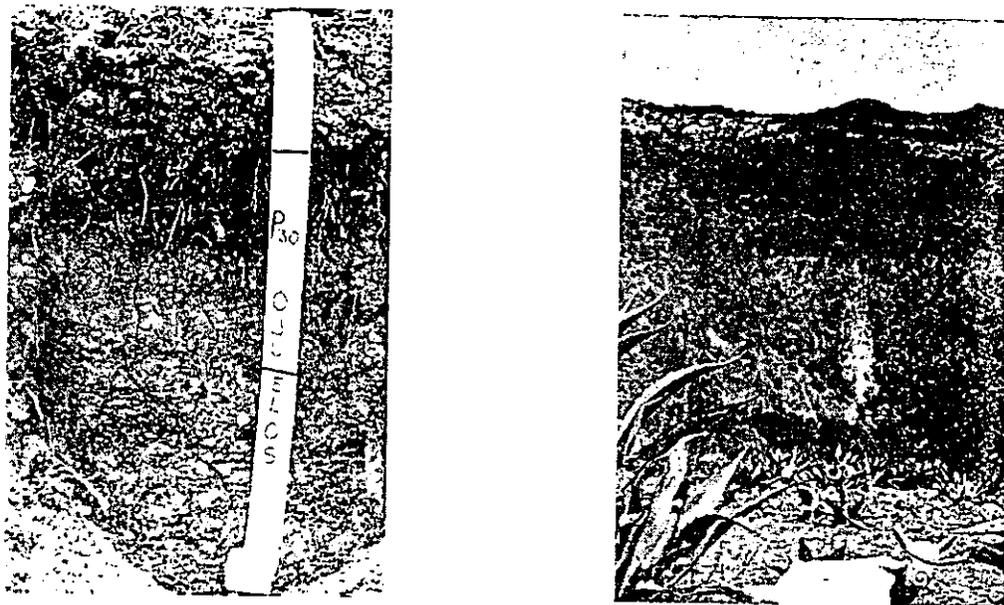


Figura 13. Perfil y vista panorámica del Luvisol Crómico

### 8.1.2.4. Descripción del Grupo Mayor REGOSOL (RG)

#### a) Definición

Suelos que provienen de materiales no consolidados, excluyendo a materiales de texturas gruesas o que muestran propiedades flúvicas; no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico o A úmbrico; carecen de propiedades gléyicas dentro de los primeros 50 cm, de las características de diagnóstico de los Vertisoles o Andosoles y de propiedades sálicas (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994). Son suelos muy jóvenes y en ocasiones inestables como en el caso de las dunas arenosas que pueden ser movidas por el viento (Muñoz, 1999).

#### b) Superficie y distribución

El Grupo cuenta con una superficie de 5 098.81 ha que equivale al 7.15 % del total del área de estudio. Los Regosoles Éutricos se localizan en la parte Centro-Oeste del área de estudio, al Norte del Valle de Tasquillo-Juchitlán y Noroeste de Puerto Dexthí y Dexthí, en el Sistema Ecogeográfico Cardonal-Dexthí. Los Regosoles Calcáricos se distribuyen en la zona Centro, al Este de Orizabita, El Espíritu, El Botho, Sabanillas y El Bingú, en el Sistema Ixmiquilpan-Alfajayucan. Finalmente, se encuentran tres pequeños manchones de esta Unidad al Oeste del poblado Emilio Hernández, en el Sistema Agua Hedionda..

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

Sustentan vegetación natural de tipo matorral espinoso deciduo, matorral inerme de *Sophora secundiflora* y agricultura de temporal. Son empleados como áreas de agostadero para la ganadería de caprinos y ovinos con explotación extensiva.

#### d) Descripción geomorfológica

Los Regosoles se encuentran ubicados fisiográficamente en taludes, barrancas y declives, con relieves que van desde los moderadamente inclinados hasta los escarpados. En cuanto a la geología, la mayoría se han derivado de sedimentos clásticos de la Formación Tarango (los ubicados al Norte de la Candelaria). Hacia la parte Este de la zona, se encuentran situados sobre calizas, areniscas y conglomerados. El clima en el que ocurren es semi-seco templado.

#### e) Descripción morfológica de las Unidades

Los Regosoles son suelos caracterizados por poseer horizontes poco diferenciados. Se derivan de materiales no consolidados, sin horizontes de diagnóstico más que un horizonte A ócrico. Generalmente tienen colores claros y son de textura variable. Constituyen la etapa inicial de la formación de un gran número de suelos, como podrían ser los Feozem.

Los Regosoles determinados en la zona presentan dos unidades: R. Éutrico y R. Calcárico.

### **i) Regosol Éútrico (RGe)**

Esta unidad presenta un horizonte superficial A de color pardo pálido a pardo grisáceo en seco y pardo amarillento oscuro a pardo grisáceo oscuro en húmedo; de clase textural franco arenosa a franco limosa; estructura granular a laminar y poliédrica, pequeña y mediana, de débilmente a bien desarrollada y de consistencia friable. El Horizonte  $C_1$  es de color pardo grisáceo oscuro en seco y de pardo grisáceo muy oscuro a negro en húmedo; de clase textural franco arenosa a franco limosa; estructura granular a poliédrica subangular, pequeña y mediana, de débilmente a bien desarrollada y de consistencia firme a muy friable. El Horizonte  $2C_2$  es de color gris parduzco claro a pardo oscuro en seco y pardo grisáceo a pardo muy oscuro en húmedo; de clase textural franca a franco arenosa; estructura granular pequeña débilmente desarrollada y de consistencia firme a muy friable.

### **ii) Regosol Calcárico (RGc)**

Tiene un horizonte superficial A de color pardo grisáceo a pardo grisáceo muy oscuro en seco y pardo muy pálido a gris muy oscuro en húmedo; de textura franca a franco arenosa; estructura de poliédrica subangular a laminar, de pequeña a grande y de débilmente a bien desarrollada; de consistencia muy friable a dura. El Horizonte  $C_{k1}$  es de color gris claro a blanco en seco y pardo muy pálido a muy oscuro en húmedo; de textura franco arenosa a arenosa; estructura poliédrica subangular a angular y laminar, de mediana a grande y de medianamente a bien desarrollada y de consistencia de suelta a dura. El Horizonte  $C_{k2}$  es de color blanco a gris parduzco claro en seco y de pardo pálido a pardo en húmedo; de textura de franco arenosa a arena; estructura poliédrica subangular, de pequeña a grande, de moderada a fuertemente desarrollada y de consistencia de suelta a dura. El horizonte  $C_{k3}$  es de color blanco a gris claro en seco y pardo amarillento a pardo en húmedo; de textura franco arenosa; estructura poliédrica subangular, de pequeña a mediana, de débil a fuertemente desarrollada y de consistencia friable y dura.

### **f) Génesis**

Son poco evolucionados, ya que al estar en sitios donde las pendientes son fuertes, la erosión a la que están sujetos impide su desarrollo normal. Por su juventud carecen de horizontes de diagnóstico, por lo que la mayoría de las propiedades que presentan son heredadas del material parental.

### **g) Atributos y cualidades**

Su fertilidad es variable y su uso agrícola está principalmente condicionado por la profundidad, pedregosidad superficial y condiciones de relieve. En las sierras su uso puede ser pecuario o forestal con resultados variables en función de la vegetación que exista. Estos suelos favorecen el establecimiento de flora nativa.

### h) Limitantes agrológicas

Las pendientes en donde se encuentran, la susceptibilidad de erosión y la textura de partículas grandes que no retienen ni agua ni nutrientes, son factores que limitan el uso de éstos suelos, además de la presencia de intrusiones y obstrucciones.

### i) Perfil representativo

#### - Descripción morfológica

En el Cuadro 17 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Regosoles Éutricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A	0-33	Horizonte de color pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura granular pequeña débilmente desarrollada. De compactación ligera, sin cementación, no plástico, no adhesivo y de consistencia friable. Con abundantes raíces delgadas, sin concreciones, pequeñas intrusiones abundantes, muy permeable y con reacción ligera la HCl.
C <sub>1</sub>	33-80	Horizonte de color pardo grisáceo oscuro en seco y negro en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura granular pequeña débilmente desarrollada. De compactación ligera, sin cementación, ligeramente plástico, no adhesivo y de consistencia muy friable. Con raíces medianas y gruesas, sin concreciones, intrusiones grandes abundantes, muy permeable y con reacción ligera la HCl.
2C <sub>2</sub>	80-94	Horizonte de color gris parduzco claro en seco y pardo grisáceo en húmedo, de textura franca y estructura granular pequeña débilmente desarrollada. De compactación ligera, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Con raíces delgadas, sin concreciones, escasas intrusiones grandes y medianas, muy permeable y con reacción ligera la HCl.

Cuadro 17. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Regosoles Éutricos.

En el Cuadro 18 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Regosoles Calcáricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>p</sub>	0-15	Horizonte de color pardo grisáceo muy oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura poliédrica subangular pequeña débilmente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Abundantes raíces medianas y gruesas, sin concreciones, con presencia de intrusiones cementadas con CaCO <sub>3</sub> , de permeabilidad lenta y de reacción violenta al HCl.
C <sub>k1</sub>	15-55	Horizonte de color blanco en seco y pardo muy pálido en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura poliédrica angular grande medianamente desarrollada. Muy compacto, sin cementación, no plástico, no adhesivo y de consistencia dura. Frecuentes raíces finas a medianas, presencia de una capa blanca, con intrusiones cementadas con CaCO <sub>3</sub> , de permeabilidad lenta y de reacción violenta al HCl.
C <sub>k2</sub>	55-90	Horizonte de color gris parduzco claro en seco y pardo en húmedo, de textura de arena y estructura poliédrica subangular grande fuertemente desarrollada. Compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Abundantes raíces medianas, sin concreciones, con presencia de intrusiones cementadas con CaCO <sub>3</sub> , de permeabilidad rápida y de reacción violenta al HCl.
C <sub>k3</sub>	90-172	Horizonte de color gris claro en seco y pardo amarillento en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura poliédrica subangular pequeña débilmente desarrollada. Compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Abundantes raíces medianas, sin concreciones, con presencia de intrusiones cementadas con CaCO <sub>3</sub> , de permeabilidad muy rápida y de reacción violenta al HCl.

Cuadro 18. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Regosoles Calcáricos.

- Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Regosoles Éutricos se muestran en el Cuadro 19. En la figura 14 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 35' 07" de L.N. y 99° 17' 01" de L.W., 4 Km al Norte de Juchitlán.  
 CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado.  
 ALTITUD: 1980 msnm.  
 GEOLOGÍA: Conglomerados y areniscas.  
 ZONA ECOLÓGICA: Árida.  
 PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.  
 SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Cardonal-Dexthí  
 UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Declive.

RELIEVE: Inclinado.  
 PENDIENTE: 3%.  
 USO DEL SUELO: Pecuario caprino.  
 TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral subinerme.  
 PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.  
 PROBLEMÁTICA: Pedregosidad.  
 USO POTENCIAL: Pecuario caprino con aptitud media.  
 Fecha: 22-02-91  
 Perfil N° 55

DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 33	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 4/2 pardo grisáceo obs.	72	18	10	FRANCO-ARENOSA
C <sub>1</sub>	33 - 80	10 YR 4/2 pardo grisáceo obs.	10 YR 2.5/1 negro	62	24	14	FRANCO-ARENOSA
2C <sub>2</sub>	80 - 94	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 5/2 pardo grisáceo	44	34	22	FRANCA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 33	1.00	2.50	60.00	7.14	4.70
C <sub>1</sub>	33 - 80	1.09	2.17	49.77	8.62	2.07
2C <sub>2</sub>	80 - 94	1.04	2.17	52.07	8.72	3.63

Cuadro 19. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Regosoles Éutricos.

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Regosoles Calcáricos se muestran en el Cuadro 20. En la figura 15 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 31' 30" de L.N. y 99° 14' 24" de L.W., 2.5 Km al Noreste de La Heredad.

CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado.

ALTITUD: 1700 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos del Terciario.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Piemonte

RELIEVE: Ondulado.

PENDIENTE: 8%.

USO DEL SUELO: Agricultura de riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Intrusiones.

USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud baja.

Fecha: 03-07-86

Perfil N° 18.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>p</sub>	0 - 15	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 3/1 gris muy oscuro	66	26	8	FRANCO-ARENOSA
C <sub>k1</sub>	15 - 55	10 YR 8/2 blanco	10 YR 7/3 pardo muy pálido	76	18	6	ARENA-MIGAJOSA
C <sub>k2</sub>	55 - 90	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 5/3 pardo	86	10	4	ARENA
C <sub>k3</sub>	90 - 172	10 YR 7/2 gris claro	10 YR 5/4 pardo amarillento	66	32	2	FRANCO-ARENOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)/Kg <sup>-1</sup>	Cl %
A <sub>p</sub>	0 - 15	1.03	2.38	56.72	8.27	7.59	42.2	2.9
C <sub>k1</sub>	15 - 55	1.14	2.63	56.65	8.40	0.13	17.8	3.1
C <sub>k2</sub>	55 - 90	1.24	2.38	47.89	8.08	0.63	27.4	5.2
C <sub>k3</sub>	90 - 172	1.22	2.27	46.25	8.95	1.17	23.4	2.8

Cuadro 20. Propiedades físicas y químicas representativas de los Regosoles Calcáricos.



Figura 14. Perfil y vista panorámica del Regosol Éútrico

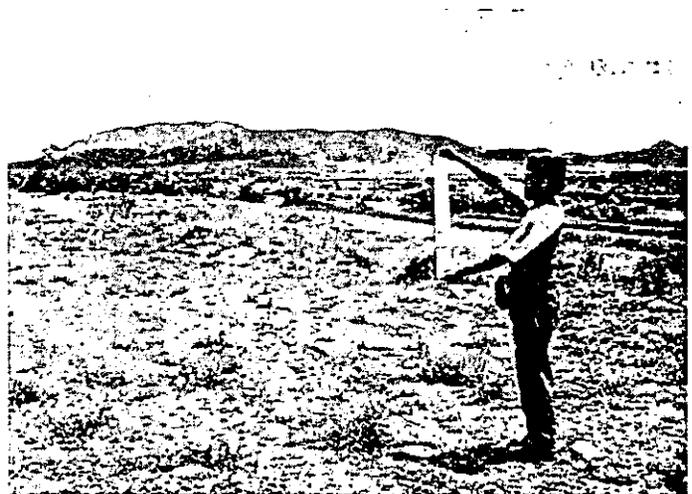


Figura 15. Perfil y vista panorámica del Regosol Calcárico

### 8.1.2.5 Descripción del Grupo Mayor VERTISOL (VR)

#### a) Definición

Suelos que, después de mezclados los primeros 18 cm, tienen 30% o más de arcilla hasta al menos la profundidad de 50 cm; poseen grietas debajo de la superficie en algún periodo del año (a menos que estén irrigados), que son de por lo menos 1 cm de ancho a la profundidad de 50 cm; tienen intersecciones con caras de deslizamiento o en forma de cuña o agregados estructurales paralelepípedos, a una profundidad entre 25 y 100 cm, con o sin gilgai (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994). Se distinguen por tener un horizonte vértico el cual empieza entre los 25 y 75 cm de la superficie (Muñoz, 1999).

#### b) Superficie y distribución

Los Vertisoles ocupan una superficie de 257.54 ha que corresponden a 0.36% del área total. Solamente hay dos pequeños manchones. El primero se localiza en Acueducto, al Sur del Bondhi, al Sureste de Remedios y al Norte de Rinconada en el Sistema Ecogeográfico Ixmiquilpan-Alfajayucan. El segundo se encuentra en el Noreste del área de estudio en el poblado de La Mesa al Oeste de Tolantongo, en el Sistema Agua Florida.

#### c) Uso actual y tipo de vegetación

En la región de Rinconada esta unidad no soporta vegetación natural. El uso de la tierra es agrícola, es una zona de riego con aguas negras en donde se cultivan nogales y otros frutales como granadas e higos. En la zona de La Mesa también está destinado a la agricultura pero de temporal, en donde se cultiva maíz, cebada, frijol, maguey y nopal.

#### d) Descripción geomorfológica

Estos suelos se forman en planicies, que en este caso se encuentra en una depresión curvada que fue colmada por material de arrastre rico en carbonatos de magnesio y calcio. La condición del relieve es plana (0 a 2%). Se encuentran sobre materiales sedimentarios pertenecientes a la Formación Tarango del Plio-Pleistoceno. El clima actual en la zona es semi-seco templado. Los Vertisoles del área de La Mesa se formaron a partir del intemperismo y meteorización de la mesa basáltica ubicada en el sitio, en donde el clima es muy heterogéneo debido a la variabilidad geomorfológica de la región.

#### e) Descripción morfológica de las Unidades

Son suelos que tienen 30% o más de arcillas en su horizonte superficial, la propiedad más importante es la predominancia de arcillas expandibles (montmorillonita) que ocasionan que al secarse se contraigan y agrieten. Son oscuros con textura uniforme muy fina y un contenido bajo de materia orgánica. También se caracterizan por la presencia de grietas anchas y profundas que aparecen en ellos en la época de sequía. Son muy adhesivos cuando están húmedos y muy duros cuando se secan. En ocasiones son salinos.

Presentan mezcla mecánica del conjunto de horizontes por los movimientos vérticos ligados a las variaciones periódicas del volumen de la arcilla, lo que provoca la homogeneización casi completa del perfil hasta una profundidad de 60 a 80 cm.

El Vertisol encontrado en la zona, pertenece a la unidad V. Éutrico (VRe).

Presenta un Horizonte A<sub>11</sub> de color gris oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo; textura arcillosa, estructura fuertemente desarrollada y consistencia muy dura. El Horizonte A<sub>12</sub> es de color gris oscuro en seco y pardo rojizo oscuro en húmedo; de textura arcillosa; estructura fuertemente desarrollada y consistencia dura. El Horizonte C es de color pardo en seco y pardo rojizo oscuro en húmedo, de textura franco arcillosa; estructura fuertemente desarrollada y consistencia muy dura.

#### **f) Génesis**

Para alcanzar su pleno desarrollo, los Vertisoles necesitan condiciones particulares de clima, topografía y material de origen. Se requiere una situación de mal drenaje local interno o externo, que acentúe las características del clima con marcada estacionalidad. Según la época, el perfil pasa rápidamente de condiciones de fuerte hidromorfia y anegamiento total de los poros capilares, a una desecación muy acusada del conjunto de horizontes.

Debido a estas condiciones generales actúan algunos procesos genéticos específicos de adición, remoción y transformación como: adición de materia orgánica al suelo proveniente de la vegetación que soportan, formación de humatos cálcicos y formación de las arcillas expandibles, características de estos suelos. La presencia de altas concentraciones de arcillas origina procesos de agrietamiento y micro relieve gilgai.

#### **g) Atributos y cualidades**

Entre las principales cualidades que tienen, están la gran capacidad para almacenar agua y nutrientes, además de que son poco susceptibles a la erosión. Son suelos idóneos para el cultivo de poáceas y en definitiva no son aptos para uso urbano, ya que las construcciones pueden hundirse o agrietarse.

#### **h) Limitantes agrológicas**

Tienen problemas de manejo ya que su dureza dificulta la labranza. Con frecuencia se inundan, ya que su drenaje es deficiente. La presencia de intrusiones y los movimientos de expansión de las arcillas, ocasionan la ruptura del sistema radicular de las plantas. Presentan una capacidad de campo y un punto de marchitamiento elevados. Otra limitante más es la presencia de obstrucciones medias que tienen en la superficie. Por último, requieren de mucha labranza.

**i) Perfil representativo**

**- Descripción morfológica**

En el Cuadro 21 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Vertisoles Éútricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>11</sub>	0-10	Horizonte de color gris oscuro en seco y gris muy oscuro en húmedo, de textura arcillosa y estructura fuertemente desarrollada. Muy plástico, muy adhesivo, abundantes intrusiones y concreciones y de reacción violenta al HCl.
A <sub>12</sub>	10-35	Horizonte de color gris oscuro en seco y pardo rojizo oscuro en húmedo, de textura arcillosa y estructura fuertemente desarrollada. Muy plástico, muy adhesivo, frecuentes intrusiones y concreciones y de reacción violenta al HCl.
C	35-50	Horizonte de color pardo en seco y pardo rojizo oscuro en húmedo, de textura franco-arcillosa y estructura fuertemente desarrollada. Ligeramente plástico, adhesivo, grandes intrusiones y concreciones y de reacción violenta al HCl.

**Cuadro 21. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Vertisoles Éútricos.**

### - Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Vertisoles Éutricos se muestran en el Cuadro 22. En la figura 16 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

#### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 31' 30" de L.N. y 99° 18' 13" de L.W., 1 Km al Suroeste de Bondhi. RELIEVE: Plano.  
 CLIMA: BS<sub>1</sub> Seco templado. PENDIENTE: 2%.  
 ALTITUD: 1640 msnm. USO DEL SUELO: Agricultura de riego.  
 GEOLOGÍA: Sedimentos volcanoclásticos de la Formación Tarango. TIPO DE VEGETACIÓN: Área agrícola.  
 ZONA ECOLÓGICA: Árida. PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.  
 PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo. PROBLEMÁTICA: Pedregosidad.  
 SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan. USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud media.  
 UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Plano-valle. Fecha: 22-02-91 Barrena N° 66.

#### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>11</sub>	0 - 10	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 3/1 gris muy oscuro	34	14	52	ARCILLOSA
A <sub>12</sub>	10 - 35	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 5/2 pardo rojizo obsc.	28	14	58	ARCILLOSA
C	35 - 50	7.5 YR 4/3 pardo	5 YR 2.5/2 pardo rojizo obsc.	56	14	30	FRANCO-ARCILLO- ARENOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A <sub>11</sub>	0 - 10	0.95	2.63	63.88	8.38	4.61
A <sub>12</sub>	10 - 35	0.98	2.58	62.20	8.39	0.52
C	35 - 50	1.03	2.67	61.42	8.43	0.32

Cuadro 22. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Vertisoles Éutricos.



Figura 16. Perfil representativo del Vertisol Éútrico

### 8.1.2.6. Descripción del Grupo Mayor FEOZEM (PH)

#### a) Definición

Suelos que tienen un horizonte A mólico y no presentan un horizonte cálcico, gypsico o concentraciones de caliza suave pulverenta; tienen una saturación de bases del 50% o más hasta los 125 cm de profundidad; carecen de un horizonte B ferrálico, de un horizonte B nátrico, de las características de diagnóstico de los Vertisoles, Nitisoles, Planosoles o Andosoles, de propiedades sálicas y de propiedades gléyicas dentro de los 50 cm, cuando no se presenta un horizonte B árgico; carecen de granos de limo y cuarzo no revestidos sobre las superficies estructurales de los peds, cuando el horizonte A Mólico tiene un chroma en húmedo de 2 o menos a la profundidad de al menos 15 cm (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994). Son suelos ya diferenciados, que se distinguen por presentar un horizonte superficial (A) bien desarrollado, rico en materia orgánica la cual, junto con el material mineral, les confiere el color parduzco que los caracteriza. Son granulares y de consistencia friable (FAO, 1990 en Muñoz, 1999).

#### b) Superficie y distribución

La superficie que ocupa este Grupo (sin considerar a las asociaciones) es de aproximadamente 8 862.85 ha, que corresponden al 12.43 %. Considerando las asociaciones con otras unidades, se distribuye en el 26.61% del área total, equivalente a 18 967.39 ha.

El Feozem Háplico se encuentra en una baja proporción en la parte Noreste en el poblado de Santuario Mapethé y al Este de Cardonal, en San Miguel Tlazintla. La asociación de Feozem Háplico con Leptosol Lítico está al Suroeste de la zona, abarcando todo el Sistema Ecogeográfico San Juanico, al Sureste de los poblados Tasquillo, Juchitlán, Remedios, Motho, Bondhi y Rinconada. Hacia el Noroeste, se presenta una asociación de Feozem Háplico con Leptosol Mólico, que va desde el Sistema Cardonal-Dexthí, hasta el Sierra Juárez y la parte Sur del Zimapán. Finalmente, en la porción Centro-Norte de la zona, hay una asociación de Feozem Háplico con Cambisol, al Este de Santuario Mapethé. En el Valle del Sáuz, en Daboxthá también aparece esta Unidad. El Feozem Calcárico está distribuido en forma de pequeños manchones en la porción Centro, al Sur de El Dexthí y Orizabita. Al Noreste de El Durazno, Remedios Samayoa, Lázaro Cárdenas y Cerritos, en el Sistema Ecogeográfico Ixmiquilpan-Alfajayucan. También está en El Olivo, Palmita, El Buena y El Deca, en el Sistema Cardonal-Dexthí y por último, al Este de Cardonal en el poblado El Sauz abarcando todo el Sistema El Sauz Valle.

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

El Grupo soporta muy diversos tipos de vegetación dependiendo de las condiciones climáticas y topográficas del terreno. Al Norte, donde el clima es más húmedo y la altura y pendiente son mayores, presentan bosques de enebro, encino y pino. En las zonas más bajas y secas se desarrollan matorrales crasicaules de *Opuntia*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Stenocereus dumortieri* y matorrales espinosos deciduos. Hay también pequeñas zonas aisladas de

desmante y agricultura de temporal donde se cultiva: maíz, frijol, chile, habas y algunos frutales como durazno. En las zonas de riego el principal cultivo es la alfalfa.

#### **d) Descripción geomorfológica**

Los Feozems ocurren sobre todas las formas de relieve, desde las más inclinadas hasta las planas; sin embargo, hay diferencias por regiones. Estos suelos se distribuyen al Norte, donde las pendientes son inclinadas (26-55 %) y moderadamente inclinadas (14-25 %); igual que en la porción Central, donde también se presentan condiciones de pendientes onduladas (7-13 %). En la región Sur aparecen sobre pendientes onduladas (7-13 %), ligeramente onduladas (3-6 %) y planas (0-2 %). Respecto a las geofomas se encuentran tanto en mesetas como en zonas de montaña. Esta unidad se ha desarrollado básicamente sobre rocas ígneas de los grupos Pachuca, San Juan y Tarango. En cuanto al clima, se encuentran bajo dos tipos: el templado subhúmedo con lluvias en verano de la parte Norte o zona de transición climática y el semi-seco templado para la porción Centro-Sur-Este.

#### **e) Descripción morfológica de las Unidades**

La característica principal de todos los Feozems es la presencia de una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y bases, conocida como horizonte A mólico. Este horizonte es de color pardo grisáceo oscuro, de textura migajón arenoso, de poca profundidad, estructura granular, ligeramente plástico y adhesivo, altamente permeable y con abundantes raíces medias y finas. La materia orgánica es alta y tiende a disminuir rápidamente con la profundidad.

En la región estudiada se detectaron dos unidades: F. Háptico y F. Calcárico.

##### **i) Feozem Háptico (PHh)**

Presenta un horizonte superficial A de color pardo amarillento a gris muy oscuro en seco y de pardo oscuro a negro en húmedo; de textura de franco arenosa a franca; estructura granular a poliédrica subangular, de pequeña a muy gruesa y de débil a moderadamente desarrollada y de consistencia friable a muy friable. El Horizonte AC es de pardo a pardo grisáceo muy oscuro en seco y de pardo amarillento a pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, de textura franca a franco arcilloarenoso; estructura de granular a poliédrica subangular, de fina a media y de ligera a fuertemente desarrollada y de consistencia friable a muy friable. El Horizonte C<sub>1</sub> es de pardo muy claro a gris parduzco claro en seco y de pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro en húmedo; de textura de franco arenosa a franca; estructura granular, laminar y poliédrica angular, de pequeña a gruesa, de ligera a fuertemente desarrollada y de consistencia de suelta a muy friable. El Horizonte C<sub>2</sub> es de pardo muy pálido a gris parduzco claro en seco y de pardo a pardo amarillento oscuro en húmedo, de textura de franco arenosa a arena migajosa; estructura laminar y poliédrica subangular, de pequeña a gruesa, de ligera a fuertemente desarrollada y de consistencia friable a firme.

## **ii) Feozem Calcárico (PHc)**

El Horizonte superficial A es de color de pardo grisáceo oscuro a pardo grisáceo muy oscuro en seco y de pardo muy oscuro a negro en húmedo; con textura de franco arenosa a arena francosa; estructura poliédrica subangular y de migajón fina, pequeña, de débil a medianamente desarrollada y de consistencia friable a firme. El Horizonte R está constituido por una capa continua de conglomerado.

### **f) Génesis**

Este tipo de suelo es de origen poligenético, ya que pueden ser tanto residuales como transportados. Los principales factores formadores que intervienen en su génesis son: el clima, los organismos y la roca parental. El material basal contiene arcillas generalmente formadas por mezclas de illita y montmorillonita, estas últimas finas y móviles forman argilones y arrastran mecánicamente una parte del humus (López, 2001).

Son de evolución aeróbica ya que requieren buen drenaje. Los procesos genéticos que actúan son de adición, transformación y transferencia. La adición se da por el ciclo de vida de los organismos que cada año incorporan materia orgánica al suelo. Como ejemplo de esto se da importancia a la actividad que realizan las hormigas en la acumulación subterránea de restos vegetales y animales y la construcción de galerías que favorecen la aireación e infiltración del agua. Hay también procesos de transformación involucrados en la degradación de los residuos orgánicos (humificación) con la consecuente formación de materiales tales como la hormigasa; y de transferencia de coloides organominerales (argilización), además de la lixiviación de carbonatos.

### **g) Atributos y cualidades**

Son suelos muy fértiles que cuando son profundos y están situados en terrenos planos se pueden utilizar con buenos resultados en la agricultura. Los menos profundos que se sitúan en laderas con pendientes fuertes pueden emplearse para el pastoreo y en silvicultura.

La principal cualidad morfológica de esta unidad es la presencia de un horizonte superficial fértil, con buen flujo de agua y aire, rico en nutrientes y con buen drenaje.

### **h) Limitantes agrológicas**

Los factores que limitan el uso de estos suelos son: la topografía del terreno, la profundidad, la disponibilidad de agua y la presencia de obstrucciones externas e internas.

### i) Perfil representativo

#### - Descripción morfológica

En el Cuadro 23 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Feozem Háplicos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>p</sub>	0-17	Horizonte de color gris oscuro en seco y negro en húmedo, de textura franca y estructura granular pequeña ligeramente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, muy plástico, muy adhesivo y de consistencia friable. Con abundantes raíces finas y medianas, sin concreciones, ni intrusiones, de rápida permeabilidad y sin reacción al HCl.
AC	17-42	Horizonte de color pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, de textura franca y estructura poliédrica subangular ligeramente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia muy friable. Con escasas raíces finas, sin concreciones, ni intrusiones, de rápida permeabilidad y sin reacción al HCl.
C <sub>1</sub>	42-82	Horizonte de color gris parduzco claro en seco y pardo grisáceo oscuro en húmedo, de textura franca y estructura poliédrica angular pequeña, ligeramente desarrollada. Compacto, sin cementación, muy plástico, muy adhesivo y de consistencia friable. Con escasas raíces finas, sin concreciones, ni intrusiones, muy rápida permeabilidad y sin reacción al HCl.
C <sub>2</sub>	82-112	Horizonte de color pardo muy pálido en seco y pardo amarillento oscuro en húmedo, de textura franco-arenosa y estructura poliédrica subangular pequeña, ligeramente desarrollada. Compacto, sin cementación, ligeramente plástico, muy adhesivo y de consistencia muy friable. Sin raíces, sin concreciones, ni intrusiones, de muy rápida permeabilidad y sin reacción al HCl.

Cuadro 23. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Feozem Háplicos.

En el Cuadro 24 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Feozem Calcáricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>0</sub>	0-30	Horizonte de color pardo grisáceo muy oscuro en seco y negro en húmedo, textura de migajón arenoso y estructura poliédrica subangular pequeña, débilmente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, ligeramente adhesivo y de consistencia friable. Abundantes raíces finas y de tamaño mediano, sin concreciones, abundantes intrusiones, muy permeable y con reacción violenta al HCl.
R	cg	Conglomerado

Cuadro 24. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Feozem Calcáricos.

### - Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Feozem Háplicos se muestran en el Cuadro 25. En la figura 17 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

#### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 34' 04" de L.N. y 99° 03' 35" de L.W., 2 Km al Norte de Santa Teresa Deboxthá.	RELIEVE: Ondulado.
CLIMA: BS <sub>1</sub> Seco templado.	PENDIENTE: 7%.
ALTITUD: 2020 msnm.	USO DEL SUELO: Agricultura de temporal.
GEOLOGÍA: Depósitos aluviales del Cuaternario.	TIPO DE VEGETACIÓN: Sin vegetación natural.
ZONA ECOLÓGICA: Árida.	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Nula.
PROVINCIA ECOLÓGICA: Karst Huasteco.	PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación.
SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: El Sauz Valle.	USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud media.
UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Piemonte.	Fecha: 02-07-86 <span style="float: right;">Perfil N° 39</span>

#### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>p</sub>	0 - 17	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	50	42	8	FRANCA
AC	17 - 42	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo gris.muy obs.	46	46	8	FRANCA
C <sub>1</sub>	42 - 82	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 4/2 pardo grisáceo obs.	44	46	10	FRANCA
C <sub>2</sub>	82 - 112	10 YR 7/3 pardo muy pálido	10 YR 4/4 pardo amarill. obs.	72	18	10	FRANCO-ARENOSA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	Cl %
A <sub>p</sub>	0 - 17	0.94	2.00	53.00	8.00	5.86	56.6	4.5
AC	17 - 42	1.02	2.08	50.96	8.07	1.69	33.6	2.6
C <sub>1</sub>	42 - 82	1.01	2.00	49.50	7.97	1.56	56.2	2.7
C <sub>2</sub>	82 - 112	1.11	2.00	44.50	8.14	0.69	56.00	2.1

Cuadro 25. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo del Feozem Háplico.

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Feozem Calcáricos se muestran en el Cuadro 26. En la figura 18 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

### DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 32' 34" de L.N. y 99° 10' 28" de L.W., ½ Km al noreste de Cerritos.	RELIEVE: Ondulado
CLIMA: BS <sub>1</sub> Seco templado.	PENDIENTE: 6%.
ALTITUD: 1780 msnm.	USO DEL SUELO: Agricultura de temporal.
GEOLOGÍA: Depositos volcanoclásticos del terciario de la Formación Tarango.	TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.
ZONA ECOLÓGICA: Árida.	PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.
PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.	PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, poca profundidad y pedregosidad.
SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Ixmiquilpan-Alfajayucan.	USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud baja.
UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Lomeríos.	Fecha 05-07-86

Perfil N° 7.

### DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>0</sub>	0 - 30	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/1 negro	70	22	8	FRANCO-ARENOSA
R	> 30						

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)/Kg <sup>-1</sup>	Cl %
A <sub>0</sub>	0 - 30	1.07	2.08	48.55	8.9	6.6	42.6	2.2
R	> 30							

Cuadro 26. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo del Feozem Calcárico.

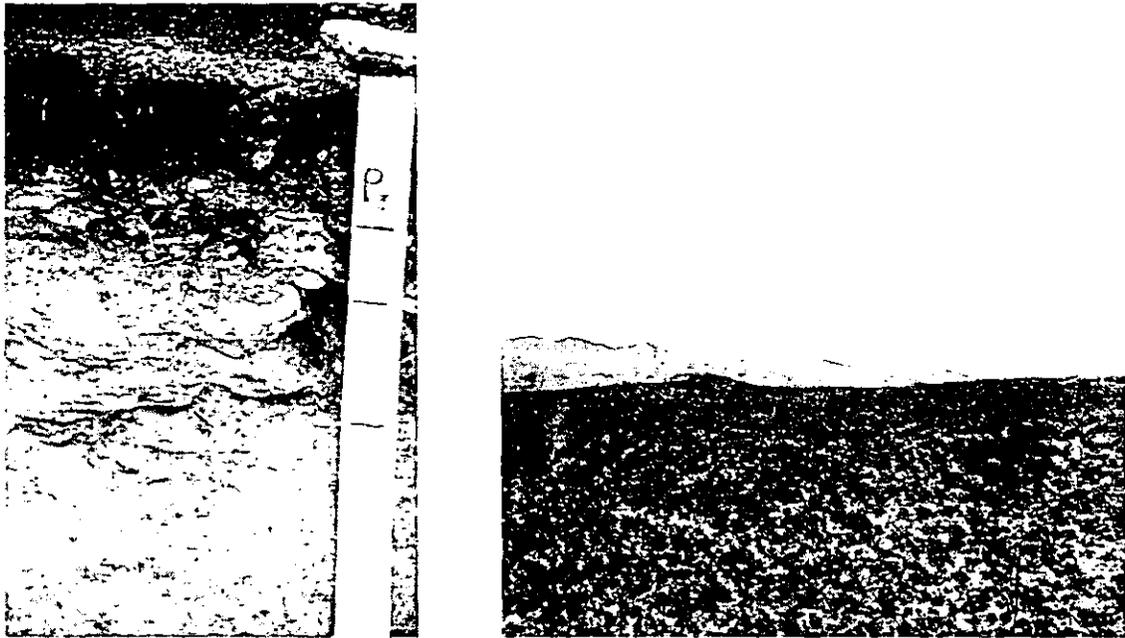


Figura 17. Perfil y vista panorámica del Feozem Háplico

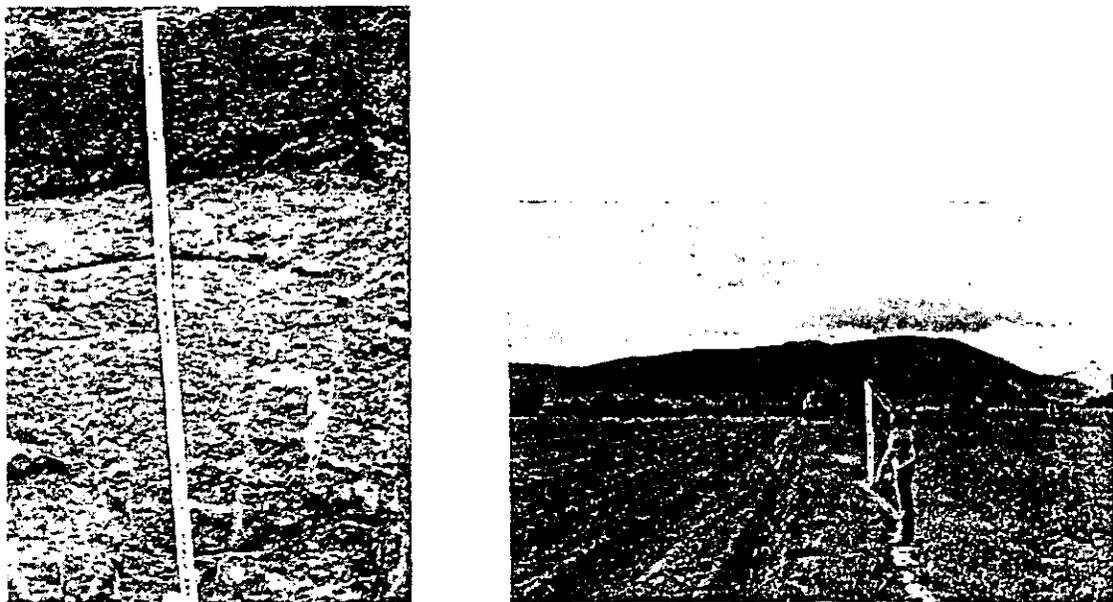


Figura 18. Perfil y vista panorámica del Feozem Calcárico

### 8.1.2.7. Descripción del Grupo Mayor CAMBISOL (CM)

#### a) Definición

Suelos que tienen un horizonte B cámbico y no tienen otros horizontes de diagnóstico que un A ócrico, un A úmbrico o un A mólico encima del B cámbico con 50% o menos de saturación de bases; carecen de propiedades sálicas de las características de diagnóstico de los Vertisoles o Andosoles y de propiedades gléycas dentro de los 50 cm (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994).

#### b) Superficie y distribución

Ocupa una superficie de 378.27 ha, equivalente a 0.53%. Se distribuye en la parte Norte del área de estudio, en el Sistema Ecogeográfico Agua Florida. Como tal, el Cambisol Éutrico se encuentra al Norte de la Lagunita y al Sureste de Banxhú y en los alrededores de Santuario Mapethé. Se encuentra en asociación con el Luvisol Crómico al Oeste de El Defay y Agua Florida.

#### c) Uso actual y tipos de vegetación

Principalmente es forestal, encontrándose sobre todo, bosques de pino-encino y enebro, aunque en las regiones de pendiente moderada son empleados para agricultura de temporal.

#### d) Descripción geomorfológica

Los Cambisoles se distribuyen sobre geformas de media montaña de relieve escarpado, con pendientes de 13% a >30%, sobre substratos ígneos de tobas riolíticas y de lutitas con calizas, que se encuentran dentro del Sistema Ecogeográfico Agua Florida, con clima templado subhúmedo con lluvias en verano.

#### e) Descripción morfológica de las Unidades

En la región estudiada se detectó la unidad Cambisol Éutrico (CMe) que presenta un horizonte superficial A<sub>0</sub> de color pardo a pardo grisáceo muy oscuro en seco y de pardo oscuro a pardo muy oscuro en húmedo; de textura franca a franco arenosa y estructura granular y poliédrica subangular, de pequeña a media, de moderada a fuertemente desarrollada y de consistencia firme. Tiene un horizonte (B) de color de gris claro a pardo en seco y de rojo amarillento a gris en húmedo, de textura franca a arcilla arenosa y estructura poliédrica subangular fina y mediana, de moderada a fuertemente desarrollada y de consistencia friable a firme. El Horizonte C<sub>1</sub> es de color rosa a pardo grisáceo claro en seco y de pardo amarillento a rojo amarillento en húmedo, de textura franca a franco arcilloarenosa y estructura poliédrica subangular de pequeña a mediana, y de moderada a fuertemente desarrollada y de consistencia muy friable a firme. El Horizonte R está representado por rocas ígneas muy meteorizadas.

#### **f) Génesis**

Son suelos semimaduros derivados de material ígneo, resultado de la intemperización *in situ*. Presentan un horizonte B cámbico a una profundidad de 25 cm. Su desarrollo está muy ligado a las condiciones climáticas locales.

#### **g) Atributos y cualidades**

Son suelos más evolucionados que las Unidades anteriormente descritas, localizados principalmente en la zona de transición fisiográfica y climática. Las condiciones geomorfológicas han sido importantes para limitar la actividad agrícola, favoreciendo el establecimiento de vegetación natural de bosques de encino y pino piñonero.

#### **h) Limitantes agrológicas**

Estos suelos no son aptos para la agricultura y presentan de pocas a moderadas restricciones para su uso forestal. Los factores demeritantes son: el relieve, la pendiente, la pedregosidad superficial e interna y sobre todo el alto riesgo que presentan a erosionarse.

**i) Perfil representativo**

**- Descripción morfológica**

En el Cuadro 27 se muestra la descripción morfológica de cada horizonte del perfil que caracteriza a los Cambisoles Éutricos.

HORIZONTE	PROFUNDIDAD (cm)	DESCRIPCIÓN
A <sub>0</sub>	0-25	Horizonte de color pardo oscuro en seco y pardo muy oscuro en húmedo, de textura franca y estructura poliédrica subangular pequeña, moderadamente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, adhesivo, de consistencia firme. Con presencia de raíces abundantes finas y medias, sin concreciones, con escasas intrusiones grandes. de permeabilidad moderada y sin reacción al HCl.
(B)	25-45	Horizonte de color pardo en seco y rojo amarillento en húmedo, de textura franca y estructura poliédrica subangular mediana, moderadamente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, plástico, adhesivo, de consistencia friable. Con escasas raíces finas, sin concreciones, frecuentes intrusiones medianas y grandes, de permeabilidad moderada y sin reacción al HCl.
C	45-160	Horizonte de color rosa en seco y rojo amarillento en húmedo, de textura franca y estructura poliédrica subangular mediana, moderadamente desarrollada. Poco compacto, sin cementación, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo, de consistencia muy friable. Con escasas raíces finas, sin concreciones, abundantes intrusiones, de permeabilidad rápida y sin reacción al HCl.
R	160-200	Rocas ígneas muy meteorizadas

**Cuadro 27. Esquemas morfológicos del perfil representativo de los Cambisoles Éutricos.**

- Descripción ambiental y propiedades físicas y químicas

Las descripción ambiental y los valores de las propiedades físicas y químicas determinadas para el perfil representativo de los Feozem Háplicos se muestran en el Cuadro 28. En la figura 19 se muestra el perfil y una vista panorámica que caracterizan a la Unidad.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL

LOCALIZACIÓN: 20° 39' 17" de L.N. y 99° 14' 25" RELIEVE: Ondulado.  
de L.W., La Lagunita.

CLIMA: Cw<sub>0</sub>(w)b(i')g, Templado húmedo con lluvias en verano. PENDIENTE: 15%.

ALTITUD: 2580 msnm.

GEOLOGÍA: Andesitas y riolitas

ZONA ECOLÓGICA: Templada.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Karst Huasteco.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Agua Florida.

USO DEL SUELO: Forestal con agricultura de temporal.

TIPO DE VEGETACIÓN: Bosque de pino y enebro.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante.

PROBLEMÁTICA: Relieve, pendiente, pedregosidad.

USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud baja y forestal con aptitud media.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Sistema de lomerios.

Fecha: 04-07-86

Perfil No. 40.

DATOS ANALÍTICOS

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A <sub>0</sub>	0 - 25	10 YR 4/3 pardo oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	42	36	22	FRANCA
B	25 - 45	7.5 YR 5/4 pardo	5 YR 4/6 rojo amarillento	40	32	28	FRANCA
C	45 - 160	7.5 YR 7/4 rosa	5 YR 5/6 rojo amarillento	52	28	20	FRANCA
R	160 - 200	ROCA	ROCA	-	-	-	ROCA

Hor.	Prof. (cm)	D. Aparente Kg / m <sup>3</sup>	D. Real Kg / m <sup>3</sup>	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)	C.I.C.T. cmol(+)Kg <sup>-1</sup>	CI %
A <sub>0</sub>	0 - 25	0.94	2.08	54.81	6.36	3.19	34.6	1.8
B	25 - 45	0.99	2.00	50.5	5.94	0.31	34.8	1.7
C	45 - 160	1.04	2.08	50.0	5.87	0.13	34.00	2.3
R	160 - 200	-	-	-	-	-	-	-

Cuadro 28. Propiedades físicas y químicas del perfil representativo de los Cambisoles Éutricos.

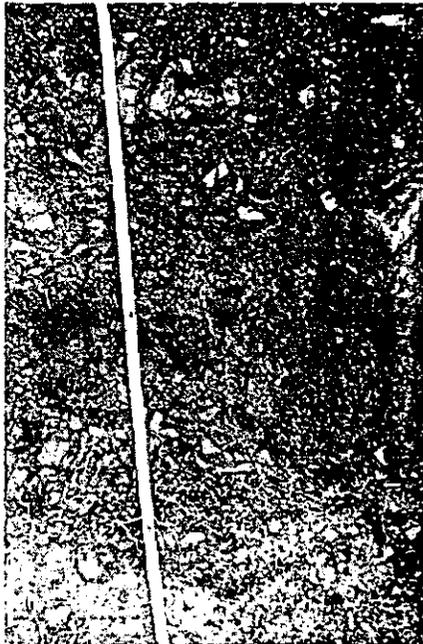


Figura 19. Perfil y vista panorámica del Cambisol Éutrico

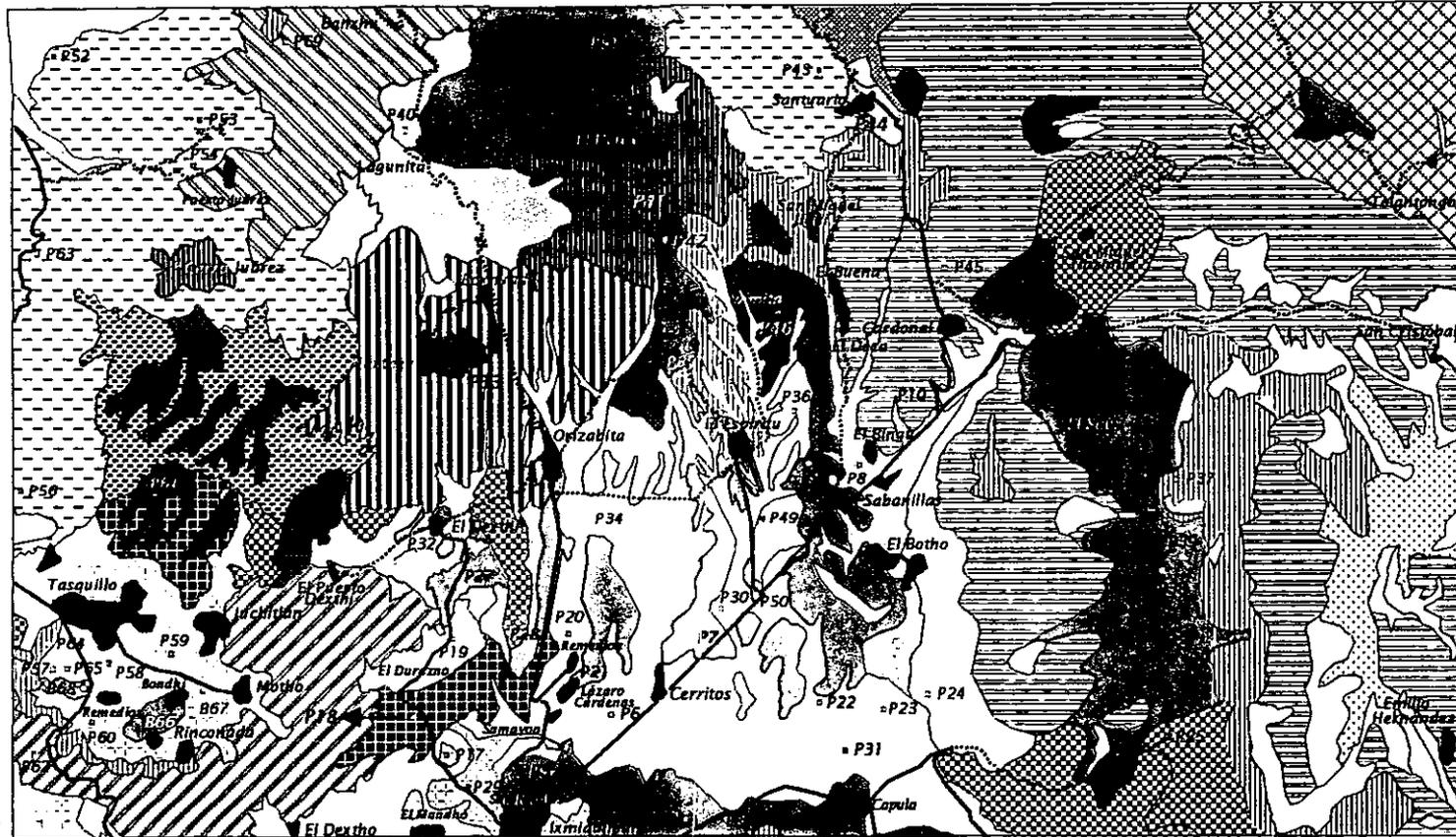
La superficie y porcentaje determinados para cada una de los Grupos Mayores, Unidades y asociaciones de los suelos identificados, se muestran en el Cuadro 29.

GRUPOS MAYORES Y UNIDADES DE SUELO IDENTIFICADOS (FAO/UNESCO, 1988)	CLAVE	SUPERFICIE (ha)	PORCENTAJE (%)
Fluvisol Calcárico	FLc	7 342.79	10.30
Fluvisol Eútrico	FLe	3 860.51	5.42
Leptosol Eútrico	LPe	46.47	0.07
Leptosol Lítico	LPq	3 755.56	5.27
Leptosol Mólico	LPm	1 655.11	2.74
Leptosol Réndzico	LPk	11 466.62	16.09
Luvisol Crómico	LVx	3 884.43	5.45
Feozem Calcárico	PHc	7 086.44	9.94
Feozem Háptico	PHh	1 776.41	2.49
Regosol Eútrico	RGe	1 043.22	1.46
Regosol Calcárico	RGc	2 166.85	3.04
Vertisol Eútrico	VRe	257.54	0.36
Cambisol Eútrico	CMe	378.27	0.53
<b>ASOCIACIONES</b>			
Leptosol Réndzico - Feozem Calcárico	LPk-PHc	1 192.70	1.67
Leptosol Mólico - Leptosol Réndzico	LPm-LPk	3 195.88	4.48
Leptosol Mólico - Feozem Háptico	LPm-PHh	1 621.37	2.28
Leptosol Lítico - Leptosol Mólico	LPq-LPm	1 222.03	1.71
Leptosol Lítico - Leptosol Mólico - Regosol Eútrico	LPq-LPm-RGe	2 602.22	3.65
Leptosol Lítico - Feozem Háptico	LPq-PHh	1 020.62	1.43
Luvisol Crómico - Feozem Háptico - Regosol Eútrico	LVx-PHh-RGe	2 051.25	2.88
Luvisol Crómico - Cambisol Eútrico	LVx-CMe	1 833.18	2.57
Feozem Calcárico - Leptosol Mólico	PHc-LPm	694.82	0.97
Feozem Háptico - Cambisol Eútrico	PHh-CMe	262.71	0.37
Feozem Háptico - Leptosol Mólico	PHh-LPm	6 337.50	8.89
Feozem Háptico - Leptosol Lítico	PHh-LPq	2 809.52	3.94
Regosol Calcárico - Leptosol Lítico	RGc-LPq	161.77	0.23
Regosol Eútrico - Leptosol Lítico	RGe-LPq	1 726.96	2.42
Zona Urbana	ZU	402.35	0.56
Erosión	E	2 997.09	4.21
<b>TOTAL</b>		<b>71 267.79</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 29. Superficies de los Grupos Mayores y Unidades de suelo identificadas en la zona de estudio.

La distribución de los Grupos Mayores, las Unidades y sus asociaciones de los suelos identificados se representan en el Mapa 1.

20°41'



**SIMBOLOGÍA**

	CMe		PHc
	Erosión		PHc-LPm
	FLc		PHh
	FLe		PHh-CMe
	LPe		PHh-LPm
	LPk		PHh-LPq
	LPk-PHc		RGc
	LPm		RGc-LPq
	LPm-LPk		RGe
	LPm-PHh		RGe-LPq
	LPq		VRe
	LPq-LPm		Punto de verificación
	LPq-LPm-RGe		Zona Urbana
	LPq-PHh		Carretera
	LVx-PHh-RGe		Terracería
	LVx-CMe		

20°30'

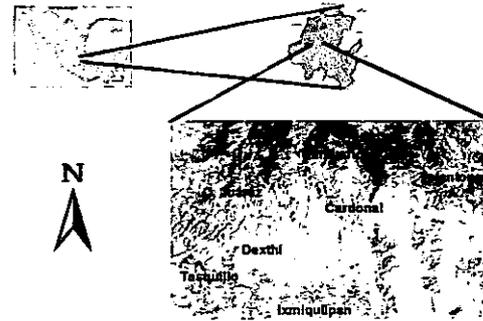
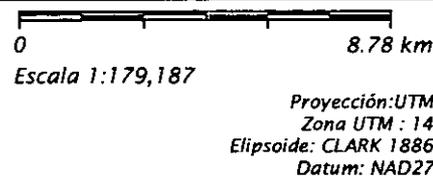
99°20'

99°00'

**GRUPOS MAYORES Y UNIDADES DE SUELO,  
ALTO MEZQUITAL, HIDALGO**



FES IZTACALA  
LAB. EDAFOLOGIA  
UBIPRO  
Hernández Moreno Mayra  
Marzo-2001



**Mapa 1. Grupos Mayores y Unidades de suelo determinadas de acuerdo a FAO (1988).**

---

## 8.2 Tipos de vegetación y uso actual del suelo

### 8.2.1 Generalidades

La vegetación es el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo. Refleja el clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos; haciendo que las plantas se agrupen en unidades que se pueden diferenciar de acuerdo a sus necesidades y respuestas ambientales, definiendo cierto orden que permite su conocimiento organizado y sistemático. Es así como la correspondencia entre la vegetación y el ambiente y la similitud entre los tipos de vegetación, permiten estructurar sistemáticamente las unidades de vegetación (Matteucci y Colma, 1982). Uno de los principales recursos del Valle del Mezquital es la flora, de cuyo conocimiento y utilización ha dependido la sobrevivencia de muchos pobladores del área, por lo cual es de gran importancia el conocimiento de sus características y propiedades; valorándola en varios aspectos, desde su fisonomía, estructura y composición, su relación con el medio y distribución, hasta la identificación de las formas de apropiación por parte de la gente; con el fin de obtener las bases científicas y culturales para el manejo planificado de este recurso.

En el Cuadro 30 se pueden observar los diferentes tipos de vegetación y uso que se le da al suelo y sus asociaciones, los cuales se definen posteriormente de acuerdo a sus características fisonómico-estructurales y florísticas. Además se habla de la relación que tienen con el suelo y el substrato geológico sobre el que se desarrollan y finalmente el uso que se le da.

TIPO DE VEGETACIÓN O USO DEL SUELO	CLAVE	SUPERFICIE (ha)	SUPERFICIE (%)
Agricultura de temporal	T	16440.3	23.27
Agricultura de riego	R	9095.0	12.87
<b>Subtotal</b>		<b>25535.3</b>	<b>36.14</b>
Bosque de galería y vegetación riparia	BG	253.7	0.36
Bosque de enebro	BJ	1858.8	2.63
Bosque de enebro con pino	BJP	242.3	0.34
Bosque de enebro con encino	BJQ	391.9	0.55
Bosque de pino	BP	3096.8	4.38
Bosque de pino con enebro	BPJ	1735.2	2.46
Bosque de pino con encino	BPQ	2207.0	3.12
Bosque de encino	BQ	1456.8	2.06
<b>Subtotal</b>		<b>11242.5</b>	<b>15.82</b>
Matorral subinorme	MB	6615.6	9.36
<b>Subtotal</b>		<b>6615.6</b>	<b>9.36</b>
Matorral crasicaule de <i>Cephalocereus senilis</i>	MCc	580.4	0.82
Matorral crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	MCg	2016.6	2.85
Matorral crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i> y <i>Opuntia sp</i>	MCgo	4721.5	6.68
<b>Subtotal</b>		<b>7318.5</b>	<b>10.35</b>
Matorral crasirosulifolio	MCR	1388.7	1.97
<b>Subtotal</b>		<b>1388.7</b>	<b>1.97</b>
Matorral espinoso decíduo	MED	2344.8	3.32
Matorral espinoso de <i>Prosopis laevigata</i>	MEp	1767.0	2.50
<b>Subtotal</b>		<b>4111.8</b>	<b>5.82</b>
Matorral inerme de <i>Flourensia resinosa</i>	MIf	3113.1	4.41
Matorral inerme de <i>Sophora secundiflora</i>	MIs	409.1	0.58
Matorral inerme de <i>Flourensia resinosa</i> y <i>Sophora secundiflora</i>	MIsk	3544.9	5.02
<b>Subtotal</b>		<b>7067.1</b>	<b>10.01</b>
Matorral rosetófilo	MR	39.6	0.06
<b>Subtotal</b>		<b>39.6</b>	<b>0.06</b>
Selva baja caducifolia	SB	485.1	0.69
<b>Subtotal</b>		<b>485.1</b>	<b>0.69</b>
Desmontes y afloramientos	D/AF	122.6	0.17
Erosión	E	2341.9	3.31
<b>Subtotal</b>		<b>2464.5</b>	<b>3.49</b>
Zona Urbana	ZU	836.0	1.18
<b>Subtotal</b>		<b>836.0</b>	<b>1.18</b>
<b>ASOCIACIONES</b>			
B. pino + M. crasicaule	BP-MC	323.7	0.46
M. subinorme + B. enebro	MB-BJ	62.7	0.09
M. crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i> + M. espinoso	MCg-MCR	328.9	0.47
M. crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i> + M. espinoso	MCg-ME	1101.4	1.56
M. crasirosulifolio + M. subinorme	MCR-MB	191.6	0.27
M. crasirosulifolio + M. crasicaule de <i>Opuntia sp</i>	MCR-MCo	129.6	0.18
M. crasirosulifolio + M. espinoso de <i>Prosopis laevigata</i>	MCR-MEp	232.8	0.33
M. espinoso de <i>Prosopis laevigata</i> + M. crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	MEp-MCg	907.3	1.28
M. inerme de <i>Flourensia resinosa</i> + B. pino con enebro	MIf-BPJ	277.5	0.39
<b>Subtotal</b>		<b>3555.5</b>	<b>5.03</b>
<b>TOTAL</b>		<b>70660.1</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 30. Superficie del los tipos de vegetación y/o uso actual del suelo.

La superficie y porcentaje de distribución de los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo determinados en la zona se muestran en la Figura 20.

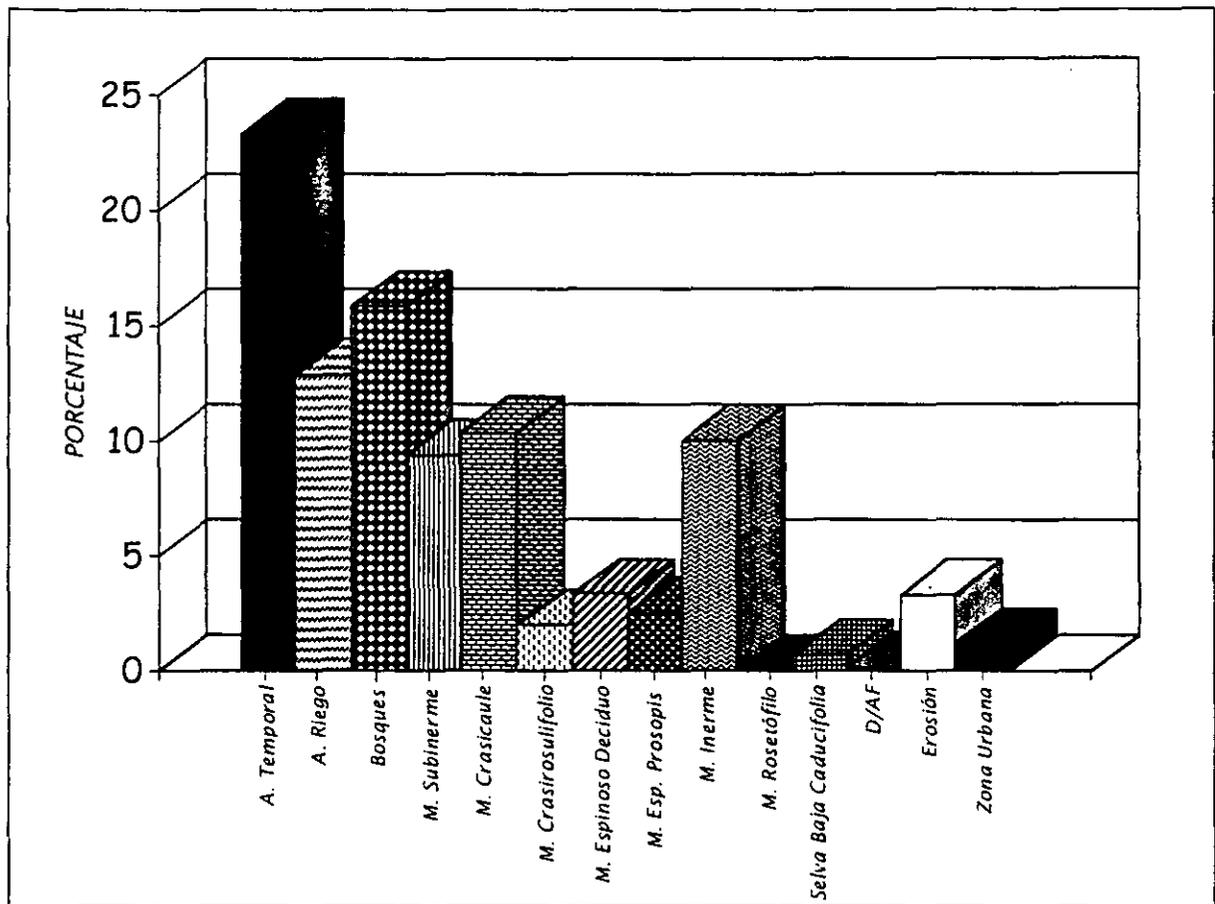


Figura 20. Gráfica de superficies de tipos de vegetación y uso del suelo determinados.

## 8.2.2 Descripción de los tipos de vegetación y uso de suelo determinados en el área de estudio

### 8.2.2.1 Bosque de pino (BP)

Es el tipo de vegetación en la que el dominante fisonómico es *Pinus cembroides*, que se caracteriza por tener hojas cortas, gruesas y rígidas. Se le encuentra asociado a *Juniperus flaccida* y *Sophora secundiflora* y, en menor proporción, con *Quercus sp.*, *Mimosa acanthocarpa*, *Arbutus xalapensis*, *Agave ferox*, *Bouvardia longiflora* y *Opuntia sp.* y algunos elementos de *Acacia schaffneri* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 3 096.8 ha (4.38%).

Se encuentra distribuido a los 2 400 msnm, en laderas con pendientes promedio del 35% y orientación N-S; en relieves rectos y ondulados; sobre suelos de tipo Luvisol Crómico, Leptosol Lítico y Réndzico, Regosol Éutrico y Cambisol Éutrico. Los sitios que cuentan con este tipo de bosque son Banxhú, el Noroeste de La Lagunita, la porción Oeste de Agua Florida, Ojuelos, Barranca El Saucito, Santuario, San Miguel Tlazintla, la Barranca El Arenalito y La Mesa, ubicados en el extremo Norte de la zona de estudio. Esta comunidad es una fuente de piñón, combustible y madera para construcción.

### 8.2.2.2 Bosque de encino (BQ)

Es el tipo de vegetación caracterizada por la dominancia de *Quercus spp*, que forman un estrato arbóreo más o menos denso de alturas aproximadas de 10-15 m, de hojas generalmente persistentes y latifoliadas. Las principales especies son *Quercus crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*, y *Quercus sp*, *Arbutus xalapensis*, *Arctostaphylos sp.*, *Pinus cembroides* y *Juniperus flaccida* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 1 456.8 ha (2.06%).

Se distribuye principalmente entre los 2 300 y 2 600 msnm, sobre laderas de orientación S-N, con pendientes de 40% a 60%, en relieves rectos, ondulados y cóncavos. Estos bosques están sobre suelos de tipo Luvisol Crómico asociado con Cambisol Éutrico y Feozem Háptico con Leptosol Mólico, así como sobre Leptosol Lítico ígneo y Cambisol Éutrico, de material regolítico (andesitas y riolitas). Se desarrolla en las laderas y barrancas de Tequedhó y Gudza, hasta La Lagunita y Santuario, mostrando el efecto de barlovento. La comunidad se destina principalmente para uso forestal y pecuario.

### 8.2.2.3 Bosque de enebro (BJ)

También conocido como Bosque de Escumifolios (Miranda y Hernández, 1963), formado por asociaciones de árboles bajos y espaciados que se caracterizan por tener ramillas colgantes más o menos dísticas y hojas dispuestas como escamas. La especie dominante es *Juniperus flaccida* codominante con *Pinus cembroides*, *Sophora secundiflora*, *Quercus mexicana*, *Quercus sp.* y *Acacia sp.* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 1 858.8 ha (2.63%).

Se distribuye entre los 2 000 y 2 400 msnm en laderas sedimentarias e ígneas, con pendientes del 15% de relieves irregulares. En las partes altas se encuentra en barrancas erosionadas y desmontadas, sobre Cambisol Éútrico, Luvisol Crómico y Leptosoles Líticos ígneos. En las zonas bajas están sobre Regosoles Éútricos y Feozem Háptico. En general, se sitúan en las vertientes de sotavento de la Sierra Juárez, en comunidades como Ojuelos, La Lagunita, El Puerto y una pequeña área de San Cristóbal. La comunidad es fuente de energéticos, elementos para construcción y de elementos forrajeros.

#### 8.2.2.4 Bosque de galería y vegetación riparia (BG)

Este tipo de comunidad es manejada como vegetación asociada al cauce del Río Tula por González-Quintero (1968); sin embargo, aquí se encuentran mezclados el Bosque de galería, que es una comunidad arbórea de *Taxodium mucronatum* establecida en las orillas del Río Tula y, la vegetación de galería, que se encuentra en los márgenes y planicies aluviales del río que es fisonómicamente diferente a la vegetación que la rodea. Los dominantes fisonómicos son *Taxodium mucronatum*, *Stenocereus dumortieri*, *S. marginatus*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha*, *Bursera fagaroides* y *B. schlechtendalii* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 253.7 ha (0.36%).

Esta vegetación se encuentra a una altitud de 1 640 msnm. En particular, el bosque se establece en vegas de aluvión con pendientes de 1 a 3%, mientras que la vegetación de galería se erige en las zonas de cañón, sobre sitios de pendientes muy pronunciadas (40 - 50%). En general presenta una exposición Norte-Sur, con sustrato lítico de conglomerados gravosos y sedimentos aluviales, sobre Feozem Háptico con Leptosol Lítico, Regosol Éútrico y Fluvisol Éútrico. Los usos reportados para el área son agostaderos, sitios de recolecta de materiales para construcción y alimenticios, además suelen mezclarse con sistemas agrosilvícolas.

#### 8.2.2.5 Matorral inerme de *Flourensia resinosa* (Mif)

Aquí se incluye al tipo de vegetación caracterizado por estar formado por más del 70 % de plantas sin espinas (INEGI, 1985), con dominancia de *Flourensia resinosa*, asociada con *Opuntia stenopetala*, *Karwinskia humboldtiana*, *Opuntia tunicata*, *O. imbricata*, *O. microdasys*, *O. leptocaulis*, *Celtis pallida*, y *Prosopis laevigata* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 7 344.0 ha (10.39%).

Se distribuye en la parte Sureste del área, a una altitud de 2 140 msnm, en laderas y pequeñas planicies, con pendientes rectas y cóncavas, con una inclinación de 6% a 10% y una exposición Este-Oeste. Se desarrolla sobre sustratos calizos y sedimentos calcáreos, en Leptosoles Réndzicos someros, arenosos, muy pedregosos y básicos. Existen pequeños manchones de este matorral en la parte Centro del área de estudio que se ubican sobre Leptosoles Mólicos, Réndzicos y Líticos. La zona es un agostadero, por los múltiples recursos forrajeros con que cuenta y se complementa con elementos alimenticios, medicinales y energéticos.

### 8.2.2.6 Matorral subinerme (MB)

Es una comunidad compuesta por plantas espinosas o inermes cuya proporción de unas a otras es mayor de 30% y menor del 70% (INEGI, 1985). Los dominantes fisonómicos son *Prosopis laevigata*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Burcera fagaroides*, *Pseudosmodingium multiflora*, *Lippia sp.*, *Stenocereus marginatus*, *S. dumortieri*, *Fouquieria splendens*, *Yucca filifera* y *Agave lecheguilla* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 6 678.3 ha (9.45%).

Este tipo de matorral se encuentra establecido en la parte media de la zona de estudio, a una altitud que va desde los 1 800 a 2 300 msnm en laderas, planicies y mesetas de pendientes variables, desde muy pronunciadas (40%) a sitios poco inclinados (10%), de relieves sinuosos e irregulares; con exposición general Este-Oeste. Se localiza sobre sustratos de conglomerados ígneos, localizados como piemonte en la Sierra Juárez y conglomerados de fragmentos calcáreos o volcano-sedimentarios localizados cerca del valle, desde El Puerto Dexthí hasta Orizabita. Los suelos que soportan a este matorral son Regosol Éutrico, Leptosol Mólico y Feozem Háptico y Calcárico, que son pedregosos, poco profundos, arenosos, con materia orgánica elevada y pH neutro. Hacia el Este de la zona se encuentra también este tipo de vegetación sobre Leptosol Réndzico y Lítico cuyo material geológico es sedimentario (areniscas y lutitas). El uso que se le da a esta vegetación es múltiple, encontrándose elementos alimenticios, forrajeros, medicinales, ornamentales, y energéticos. Además, esta vegetación presenta mayor dominancia de suculentas a medida que el sustrato es más ígneo y se tiene una mayor altitud del terreno; en tanto que hacia las partes bajas predominan los elementos espinosos y micrófilos.

### 8.2.2.7 Matorral espinoso deciduo (MED)

Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de *Fouquieria splendens*, que es una planta con espinas y hojas pequeñas caedizas. Otros elementos asociados son: *F. fasciculata*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Celtis pallida*, *Jatropha dioica*, *O. tunicata*, *O. stenopetala*, *O. imbricata*, *O. leptocaulis*, *O. hyptiacantha*, *O. microdasys*, *O. cantabrigiensis*, *Prosopis laevigata*, *Stenocereus marginatus*, *S. dumortieri*, *Burcera fagaroides*, *B. schlechtendalii*, *Mimosa sp.*, *Karwinskia humboldtiana*, *Ephedra compacta*, *Eysenhardtia polystachya*, *Agave lecheguilla*, *Croton morifolius*, *Echinocereus cinerascens*, *Echinocactus platyacanthus* y *Leucophyllum ambiguum* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 2 344.8 ha (3.32%).

Este matorral se encuentra distribuido de los 1 640 a 1 800 msnm, en mesetas, laderas y barrancas, con pendientes del 10% al 40 %; de relieves cóncavos, irregulares y sinuosos. con exposición Este-Oeste. Se localiza sobre sustratos de conglomerados, sedimentos calcáreos y, en menor proporción, volcano-sedimentarios. En suelos Regosol Éutrico con Leptosol Lítico, Fluvisol Éutrico, Feozem Háptico y F. Calcárico, someros poco profundos, de texturas medias, ricos en materia orgánica y pH neutro. El área con este tipo de vegetación incluye El Dexthí, Uxthejé, Cantamayé, Naxthey, Orizabita y El Espíritu. Los usos reportados para esta vegetación son principalmente pecuario, alimenticio y medicinal.

### 8.2.2.8 Matorral crasicaule (MC)

Aquí se incluye a la vegetación formada por cactáceas grandes o asociaciones de diversas especies de *Opuntia* y cactáceas candelabroiformes como *Myrtillocactus geometrizans*, que presentan en sus agrupaciones una altura media de 4 a 5 m. (Miranda y Hernández, 1963). Las especies dominantes son *Opuntia streptacantha*, *O. cantabrigiensis*, *O. robusta*, *O. cochineria*, *O. imbricata*, *O. leptocaulis*, *O. tunicata*, *O. stenopetala*, asociados con *Myrtillocactus geometrizans*, *Prosopis laevigata*, *Stenocereus marginatus*, *Mimosa sp.*, *Agave crassispina*, *Karwinskia humboldtiana* y *Aloe barbadensis* (López, 2001). En este matorral se diferenciaron asociaciones de *Opuntia* (MCo), de *Cephalocereus senilis* (MCc) y de *Myrtillocactus geometrizans* (MCG). Presenta una cobertura en toda el área de 8 748.7 ha (12.38%).

Su distribución es muy diversa, encontrándose desde los 1 800 hasta los 2 400 msnm; en crestas, laderas, declives y barrancas; con pendientes poco inclinadas (10% al 15%) a muy pronunciadas (30% a 50%). Se localiza sobre sustratos riolíticos y andesíticos, en suelos Feozem Háplico, F. Calcárico, Leptosol Lítico y L. Mólico. En general, suelos poco desarrollados, someros y de texturas arenosas. Se localizan en la sierra de San Juanico y domos de Dexthí y Naxthey. El uso que se le da a esta vegetación es variado, distinguiéndose el alimenticio y forrajero, sobre todo de las cactáceas

### 8.2.2.9 Matorral espinoso de *Prosopis laevigata* (MEp)

El matorral espinoso está formado por más del 70% de plantas espinosas, donde el dominante fisonómico es *Prosopis laevigata*, conjuntamente con *Acacia shaffneri*, *Celtis pallida*, *Acacia turtuosa*, *Karwinskia humboldtiana* y *Koeberlinia spinosa* (López, 2001). Presenta una cobertura en toda el área de 2 674.3 ha (3.78%).

Esta comunidad se encuentra muy alterada e incluso ha llegado a ser totalmente desplazada por agricultura de temporal o de riego. Sin embargo, existe una pequeña zona que presenta las siguientes características ambientales: altitudes que van de los 1 640 a los 1 800 msnm, en zonas formadas por acúmulo de materiales transportados o en sitios donde en alguna parte del año sirven como lechos de arroyo. Los relieves son sinuosos y las pendientes van del 1% al 10%. Se localiza sobre Feozem Calcárico que son suelos delgados con un horizonte superficial oscuro y rico en materia orgánica y sobre Fluvisol Éutrico. F. Calcárico y Regosol Éutrico, que son suelos muy pedregosos, de texturas arenosas, bajos en materia orgánica y pH alcalino. Se encuentran localizados en las barrancas, desde La Candelaria, Puerto Dexthí, El Dexthí, Orizabita y El Espíritu hasta Sabanillas. Los usos reportados para este matorral son alimenticios, medicinales, para construcción, forrajeros y energéticos.

### 8.2.2.10 Matorral crasirosulifolio (MCR)

Este tipo de vegetación se caracteriza por la presencia de especies vegetales de hojas suculentas en forma de roseta (INEGI, 1985). Presenta una cobertura en toda el área de 1 388.7 ha (1.97%). La especie más característica que conforma a esta comunidad es *Agave*

*lecheguilla*, que habita preferentemente en suelos calcáreos; aunque también existen poblaciones que se desarrollan sobre materiales ígneos. Como especies acompañantes se tiene a: *Agave striata*, *Opuntia leptocaulis*, *O. cantabrigiensis*, *Karwinskia humboldtiana*, *Lippia sp.*, y *Leucophyllum ambigunn* (López, 2001). Se le encuentra asociado a Leptosoles Mólicos, Réndzicos y Líticos, Feozem Háptico y Calcárico, que son suelos delgados y con un alta pedregosidad superficial, en zonas con pendiente entre el 8 y el 30%. Otra especie dominante es *Agave striata*, que se ubica sobre suelos calcáreos entre altitudes que van de los 1750 a los 2200 msnm.

La lechuguilla es una especie vegetal de gran importancia económica para el Alto Mezquital, ya que se considera una planta multiusos, pues se utiliza de manera integral. Es empleada para la obtención de fibra a partir de la talla de sus hojas, como alimento para la gente y el ganado (capullos florales y quiotes tiernos), combustible, material de construcción de herramientas y barreras, planta medicinal e incluso, para la producción de shampoo para el cabello empleando el xithé que se produce en el proceso de tallado. Debido a ello, este tipo de matorral ha sido fuertemente explotado, por lo cuál ha surgido la necesidad de regenerarlo por medio de prácticas de forestación y reforestación, llegando inclusive a combinarse con otras comunidades.

Este matorral se encuentra en los alrededores de Naxthey, Cantamayé, Dexthí y Boxhuadá, así como hacia el Suroeste de Cardonal, Este de Sabanillas y El Botho y Noreste de El Sauz. De igual forma se encuentra en asociación con matorral crasicale de *Opuntia* al Oeste de El Olivo y con matorral espinoso de mezquite al Este entre Capula y El Botho.

#### 8.2.2.11 Matorral rosetófilo (MR)

Es una comunidad compuesta principalmente por plantas en forma de roseta. No obstante que la superficie que ocupa en el área de estudio es muy pequeña (39.6 ha), se considera importante mencionarla, ya que la especie dominante de esta comunidad es *Dasyllirion longisimun*, que está considerada en peligro de extinción. También se encuentra *Dasyllirion achrotriche* y *Nolina sp.* Se ubica al Noreste de la zona, al Oeste de San Cristóbal, formando dos pequeños manchones rodeados de matorral subinermé, desarrollándose sobre un Leptosol Réndzico. El área presenta una pendiente entre 8 y 30% y material sedimentario de areniscas-lutitas. Otros elementos encontrados en este tipo de vegetación son: *Agave lecheguilla*, *Mimosa stenopetala*, *Agave striata*, *Opuntia leptocaulis*, *O. cantabrigiensis*, *Karwinskia humboldtiana*, *Lippia sp.* y *Leucophyllum ambigunn* (López, 2001).

#### 8.2.2.12 Selva baja caducifolia (SB)

La selva baja caducifolia se caracteriza por un periodo seco muy prolongado. Se le considera una transición entre matorral espinoso y selva subcaducifolia. Durante la época de lluvias los árboles presentan hojas y en la temporada de sequía carecen de ellas, por lo tanto es notable el cambio de aspecto que sufre de un periodo a otro (Miranda y Hernández, 1963, González-Quintero, 1978).

Las especies dominantes en esta comunidad son *Bursera morelensis* y *Cephalocereus senilis*. Las especies acompañantes son: *Fouquieria splendens*, *Bursera fagaroides*, *B. schlechtendalii*, *B. simaruba*, *Pseudosmodium multifolium* y elementos con afinidades tropicales como: *Acacia coulteri*, *Bumelia laetevirens*, *Hauya elegans*, *Harpalyce arborescens*, *Krugiodendron fereum*, entre otras (González-Quintero, 1978).

Se encuentra distribuida en la barranca de Tolantongo ocupando una superficie de 485.1 ha (0.69%). Se localiza entre los 1 310 y 2 000 msnm, en laderas con exposición N-S. con pendientes hasta del 95%, con relieves cóncavos y rectos, sobre lutitas, andesitas y calizas, en suelos Leptosol Lítico, Mólico y Regosol Éutrico. Es una zona considerada como Área Natural Protegida por su importancia biogeográfica; con uso restringido, sobre todo para fines turísticos (López, 2001).

### 8.2.2.13 Agricultura de riego (R)

La agricultura de riego en el Alto Mezquital se inició con los estudios Agrológicos Semidetallados de Cardonal, solicitados por la SARH a través de su Distrito de Riego No. 100 de Ixmiquilpan. Actualmente las zonas de riego están controladas por el Distrito de Desarrollo Rural 063 de Mixquiahuala (SEMARNAP-UNAM Iztacala, 1997).

En el Alto Mezquital la introducción de riego ha ido en aumento, sin embargo, dadas las condiciones de topografía y la baja aptitud de los suelos para la agricultura, es que ésta práctica no ha sido tan difundida, por las implicaciones económicas que ello involucra. La superficie con tierras irrigadas es de 9 095.0 ha (12.87%) y se distribuye en las zonas de relieve plano, donde los suelos son profundos (Fluvisoles y Feozem) y sin problemas fuertes de obstrucciones; además de que hay buenas vías de acceso que favorecen el movimiento de materiales y productos, los cuáles en su mayor parte se envían a la Central de Abastos del D.F. y en menor proporción hacia Ixmiquilpan, Pachuca y Querétaro. Los principales productos que se obtienen son: maíz, avena, cebada, alfalfa, lechuga, col, acelga, espinaca y cilantro, entre otros.

De acuerdo a SEMARNAP-UNAM Iztacala (1997), "el agua que se emplea para el riego en esta zona proviene de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, la cuál se divide en tres tipos: agua mezclada (agua blanca + agua negra), agua de reuso (agua de los drenes que a veces se contamina con agua negra) y la misma agua negra (com. pers. DDR 064)". La composición química de éstas aguas es muy variada, ya que contienen un sin número de residuos tóxicos generados por las industrias asentadas en el Valle de México, así como desechos domésticos y agroquímicos (plaguicidas, herbicidas y fertilizantes) que contienen diversas clases de metales pesados. Esta situación representa no sólo problemas sanitarios, sino ecológicos, debido a que repercute en la dinámica ecológica del ambiente, afectando directamente a las cadenas tróficas. Otro problema asociado al uso de aguas residuales es el aumento en la salinidad del suelo, lo que lo hace ser muy propenso a la erosión, debido a que sus partículas se disgregan, quedando susceptibles a la acción del agua y el viento. La actividad de agricultura de riego por tanto, está provocando una fuerte degradación ambiental en el Alto Mezquital.

#### 8.2.2.14 Agricultura de temporal (T)

La agricultura de temporal es la actividad productiva más importante en El Alto Mezquital, ya que en torno a ella gira la sobrevivencia y toda la dinámica cultural y social de la población hñahñu. Depende totalmente de las condiciones climatológicas, lo que junto con el alto grado de parcelización y la tecnología rudimentaria, provoca que los cultivos que se siembran sean para el autoconsumo (SEMARNAP-UNAM Iztacala, 1997). Es por ello que se intenta aprovechar el espacio y el tiempo, ya que en una misma parcela se siembran distintas plantas que producen en diferentes momentos. Un ejemplo de esto es la alternancia de maíz, frijol, nopal, maguey, haba, quelites, verdolagas y malvas en una misma área.

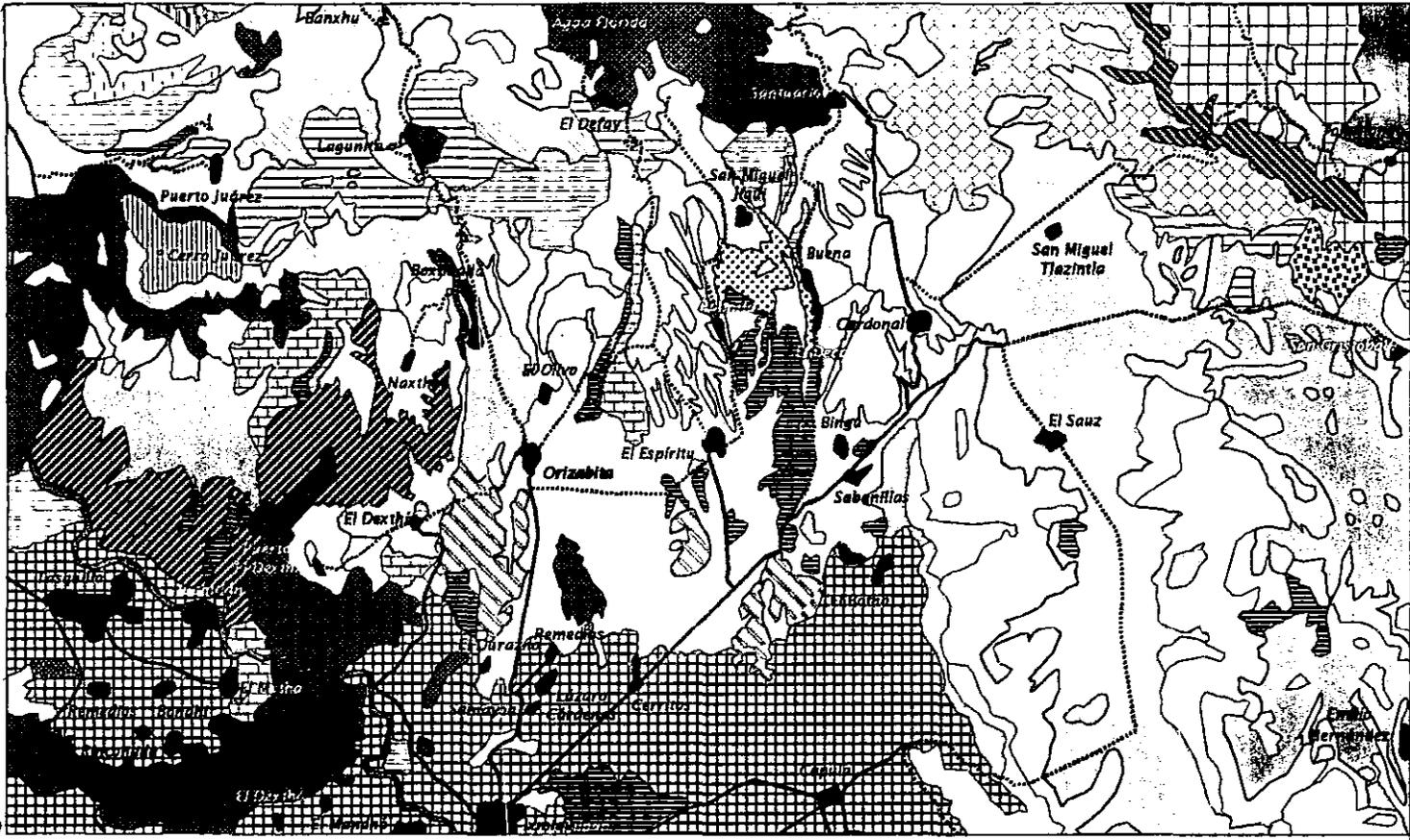
Aún cuando se ha dado una gran expansión de la agricultura de riego, el área que ocupa la agricultura de temporal, prácticamente la duplica; ya que se sigue eliminando la vegetación natural, incluso en zonas no aptas, para su introducción. El 23.27% (16 440.3 ha) de los suelos del Alto Mezquital, se emplean para la producción de especies vegetales de temporal. Está distribuida prácticamente en toda el área de estudio, pero sobre todo en el Valle de Ixmiquilpan, desarrollándose sobre un Fluvisol Calcárico donde la pendiente es menor al 8%; y en el Valle del Sauz con un Feozem Calcárico como suelo dominante.

El uso intensivo de los suelos para ésta actividad, sean o no aptos, induce la degradación y empobrecimiento del recurso, favoreciendo su destrucción.

La distribución de los diferentes tipos de vegetación y uso del suelo determinados en la zona se muestran en el Mapa 2.

20°41'

20°30'



**SIMBOLOGÍA**

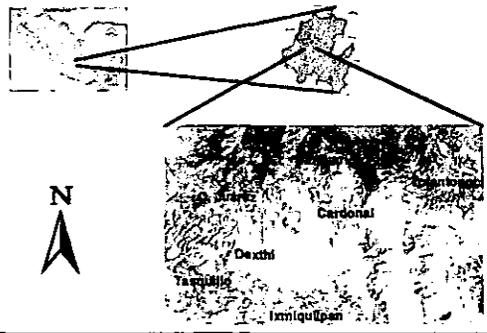
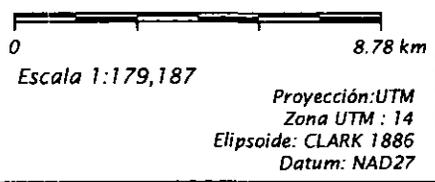
■ BG	□ MCR
▨ BJ	□ MCR-MB
▩ BJP	□ MCR-MCo
▪ BJQ	□ MCR-MEp
▧ BP	▨ MED
▩ BP-MC	▩ MEp
▨ BPJ	▨ MEp-MCg
▩ BPQ	□ Mif
■ BQ	□ Mif-BPJ
□ D/AF	□ Mis
□ Erosión	□ Misk
□ MB	□ MR
▨ MB-BJ	▩ R
▨ MCc	□ SB
▩ MCg	□ T
▩ MCg-MCR	— Carretera
▩ MCg-ME	..... Terracería
■ MCgo	■ Zona Urbana

99°20' 99°00'

**USO DEL SUELO Y TIPOS DE VEGETACIÓN,  
ALTO MEZQUITAL, HIDALGO**



FES IZTACALA  
LAB. EDAFOLOGIA  
UBIPRO  
Hernández Moreno Mayra  
Marzo-2001



Mapa 2. Uso del suelo y tipos de vegetación, Alto Mezquital, Hidalgo.

## 8.3 Evaluación de la erosión

### 8.3.1 Generalidades

La erosión<sup>2</sup> es uno de los procesos de degradación que ha influido de manera determinante en el ambiente y en el desarrollo de la sociedad. Este proceso es originado por fenómenos naturales (erosión geomorfológica) o inducido por la creciente actividad humana. Cuando se debe sólo a causas naturales puede haber una tendencia al equilibrio entre los procesos de formación y los de desgaste del suelo, pero cuando el hombre usa y/o maneja inadecuadamente este recurso, altera dicho equilibrio acelerando la erosión inducida, que es la responsable del deterioro de más de 1500 millones de hectáreas en el planeta, de un total aproximado de 2000 millones de ha desertificadas.

México ha sido reportado como uno de los países latinoamericanos con problemas graves de pérdida del recurso suelo, ya que alrededor del 80% del territorio nacional está afectado por diferentes grados de erosión, desde la ligera hasta la muy grave (Becerra, 1999). Esta situación es favorecida por condiciones naturales como la heterogeneidad climática y el relieve accidentado, pero sin duda acelerada por la inadecuada explotación de la tierra. En las zonas áridas y semiáridas del país este proceso se ha incrementado debido a la pérdida de la cobertura natural, prácticas productivas en zonas de baja vocación agrícola, ganaderización y sobrepastoreo.

En el área de estudio los principales factores que intervienen en el proceso de erosión son:

- a) El agua y el viento, que actúan como agentes activos porque realizan el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo. Este último es el agente pasivo del proceso, ya que sufre la acción de la erosión.
- b) La oscilación térmica, la humedad relativa, la acción de animales y/o la actividad del hombre, son agentes que predisponen al suelo a ser erosionado.
- c) La vegetación natural y/o los cultivos perennes y de cobertura, que actúan como agente amortiguador, ya que disipan la energía cinética de la lluvia, disminuyen el efecto de los escurrimientos superficiales y aminoran la incidencia del viento.

### 8.3.2 Cálculo del índice de erosión potencial laminar (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993)

Para realizar la evaluación de la erosión potencial laminar, fue necesario calcular el periodo de crecimiento o número de días al año con disponibilidad de agua y temperatura favorable para el desarrollo de un cultivo (PECRE), en función de la precipitación de la zona. A partir de este valor se obtuvo el índice de agresividad de la lluvia (IALLU) y el índice de agresividad del viento (IAVIE), con lo que se determinó que la zona se ve afectada por la influencia del agua y el viento.

---

<sup>2</sup> "Proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por los agentes del intemperismo, principalmente por acción del agua y el viento que al actuar sobre su superficie provocan el tipo de erosión hídrica y eólica respectivamente" (CP,1977).

El Cuadro 31 muestra los PECRE obtenidos para cada valor promedio de precipitación determinado en la zona.

Precipitación	PECRE
400 mm	$0.2408 (400) - 0.0000372 (400)^2 - 33.1019 = 57.27$
450 mm	$0.2408 (450) - 0.0000372 (450)^2 - 33.1019 = 67.73$
500 mm	$0.2408 (500) - 0.0000372 (500)^2 - 33.1019 = 77.99$

Cuadro 31. Cálculo del PECRE a partir de los valores promedio de precipitación.

El Cuadro 32 muestra los resultados del IALLU y del IAVIE calculados a partir de los PECRE obtenidos.

PECRE	IALLU	IAVIE
57.27	$1.1244 (57.27) - 14.7875 = 49.60$	$160.8252 - 0.7660 (57.27) = 116.96$
67.73	$1.1244 (67.73) - 14.7875 = 61.36$	$160.8252 - 0.7660 (67.73) = 108.95$
77.99	$1.1244 (77.99) - 14.7875 = 72.91$	$160.8252 - 0.7660 (77.99) = 101.08$

Cuadro 32. Cálculo del IALLU y del IAVIE obtenidos a partir de los PECRE respectivos.

De los cálculos anteriores se determinó que el IALLU es igual o mayor de 50 y el IAVIE mayor de 20 para los tres casos, lo que significa que la zona sí se ve afectada por los procesos de erosión hídrica y eólica, por lo que se prosiguió con su evaluación por separado.

### 8.3.2.1 Erosión potencial laminar hídrica (EPLH)

El Cuadro 33 muestra las superficies y porcentajes determinados para los diferentes niveles de EPLH obtenidos para la zona.

EROSIÓN POTENCIAL LAMINAR HÍDRICA	Area (ha)	Porcentaje
Ligera (< 10 ton/ha/año)	36 530.81	52.02
Moderada (10-50 ton/ha/año)	26 463.25	37.69
Alta (50-200 ton/ha/año)	6 471.00	9.22
Muy Alta (>200 ton/ha/año)	755.44	1.08
<b>TOTAL</b>	<b>70 220.50</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 33. Superficie de la erosión potencial laminar hídrica (FAO, 1980 modificada por SEDESOL-INE,1993).

Como se observa, la EPLH ligera tiene mayor probabilidad de que ocurra ya que según los resultados el 52% del área estudiada es susceptible de presentar este grado de erosión; es decir, de tener pérdidas de suelo menores a 10 ton/ha/año. Esto se atribuye a que en la zona de afectación se practica la agricultura de riego con explotación a lo largo de todo el año, de tal forma que se mantiene una cubierta vegetal permanente que evita la influencia de los agentes

erosivos. Esto se complementa con las prácticas de conservación que se realizan como son el terracedo, el uso de barreras físicas (bordos) y biológicas de frutales y la introducción de cultivos de cobertura (alfalfa).

Los suelos que sufrirían el efecto de la EPLH ligera se encuentran distribuidos en las partes más bajas del área de estudio en el Sistema Ecogeográfico Ixmiquilpan-Alfajayucan, que se caracteriza por ser un área de relieves planos o ligeramente ondulados localizados en las geoformas de valle y que coinciden con la presencia de Fluvisoles. En el Sistema Ecogeográfico El Sauz Valle también puede haber daño por esta clase de erosión debido a que presenta condiciones geomorfológicas similares. Sin embargo, también hay riesgo de erosión Ligera en la parte Noreste del área de estudio, dentro del Sistema Ecogeográfico Agua Hedionda, que se caracteriza por la presencia de barrancas y sierras, por lo que la pérdida potencial baja del suelo se atribuye a que existe una mayor cobertura vegetal de bosque de pino.

La erosión EPLH moderada (pérdida de 10-50 ton/ha/año) afectaría potencialmente a 26 563.2 ha del área de estudio. En la parte Noroeste, en donde las pendientes son muy pronunciadas (mayor del 30%) y el régimen de lluvias es mayor que en el resto de la zona, afectaría a los suelos son Feozem y Luvisoles. Sin embargo, la cobertura vegetal de bosque de enebro, encino y pino, amortigua la incidencia de la lluvia, lo que implica que el riesgo de erosión sea moderado, excepto en las zonas de mayor pendiente en las que se ha eliminado la vegetación, provocando que el riesgo se incremente.

Otro sitio susceptible de ser afectado en grado moderado por la EPLH, es en las zonas bajas y secas de la porción Oeste del área en el Sistema Ecogeográfico Cardonal-Dexthí, en donde la pendiente y la precipitación son menores y hay matorrales crasicales de *Opuntia spp.*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Stenocereus dumortieri* y matorrales espinosos deciduos muy dispersos. Por lo que la pérdida del suelo se podría atribuir a que la cobertura es menos densa y a que está sobre suelos someros con afloramientos rocosos frecuentes (Leptosoles).

Lo mismo ocurre en el Sistema Ecogeográfico San Juanico, en la zona Suroeste, en donde las pendientes van de 8-30%, y los suelos son de tipo Feozem Calcárico, cuya vegetación es de matorral crasicale de *Opuntia* y *Myrtillocactus geometrizans*.

En la porción Noreste (La Mesa y Tolantongo) también hay riesgo de erosión EPLH moderada, esto se debe a que es una zona de barrancas en la que el régimen de lluvias es el más alto de la región; aunque debido a esto se esperaría que el riesgo de erosión fuera mayor. Esto implica que la fisiografía y el clima siguen siendo los principales factores que favorecen la pérdida del suelo, aunque la vegetación (selva baja y bosque de pino-encino) funge como agente amortiguante, salvo en las áreas en las que se ha eliminado la cobertura vegetal natural para la introducción de agricultura de temporal, favoreciendo el incremento de la erosión.

En los Sistemas Ecogeográficos Agua Hedionda y El Sauz Sierra la EPLH moderada también podría presentarse, ejerciendo su efecto sobre los suelos delgados como Leptosol Réndzico y Lítico, que son muy pedregosos y susceptibles a ser erosionados, que sostienen matorrales

inermes de *Sophora secundiflora* y *Karwinskia humboldtiana*. Esto se debe a que la pendiente y altitud son mayores además se presenta el fenómeno de sombra orográfica con el efecto de barlovento-sotavento, lo que provoca que la pérdida de suelo por lluvia sea mayor que en el sistema El Sauz Valle, en donde la EPLH es ligera.

Debido a que la EPLH moderada no es tan grave, se sugiere la implementación inmediata de prácticas de manejo y conservación que eviten que estas áreas se incrementen; o peor aún, que presenten un riesgo de deterioro mayor.

En las partes de pendiente más pronunciada donde se ha eliminado la cobertura vegetal natural para la introducción de parcelas de temporal que después son abandonadas, el riesgo de presentar EPLH alta (pérdida de 50-200 ton/ha/año) y muy alta (pérdida de más de 200 ton/ha/año) es grande, lo que provocaría una pérdida irrecuperable del suelo. Por ello se sugiere frenar la tala en estas zonas para disminuir el efecto degradante de la erosión, así como implementar prácticas de manejo inmediatas, encaminadas a restaurar paisajes deteriorados por la erosión, considerando una evaluación costo-beneficio.

La Figura 21 muestra un balance total del área afectada por cada grado de EPLH y el Mapa 3 ilustra su distribución espacial.

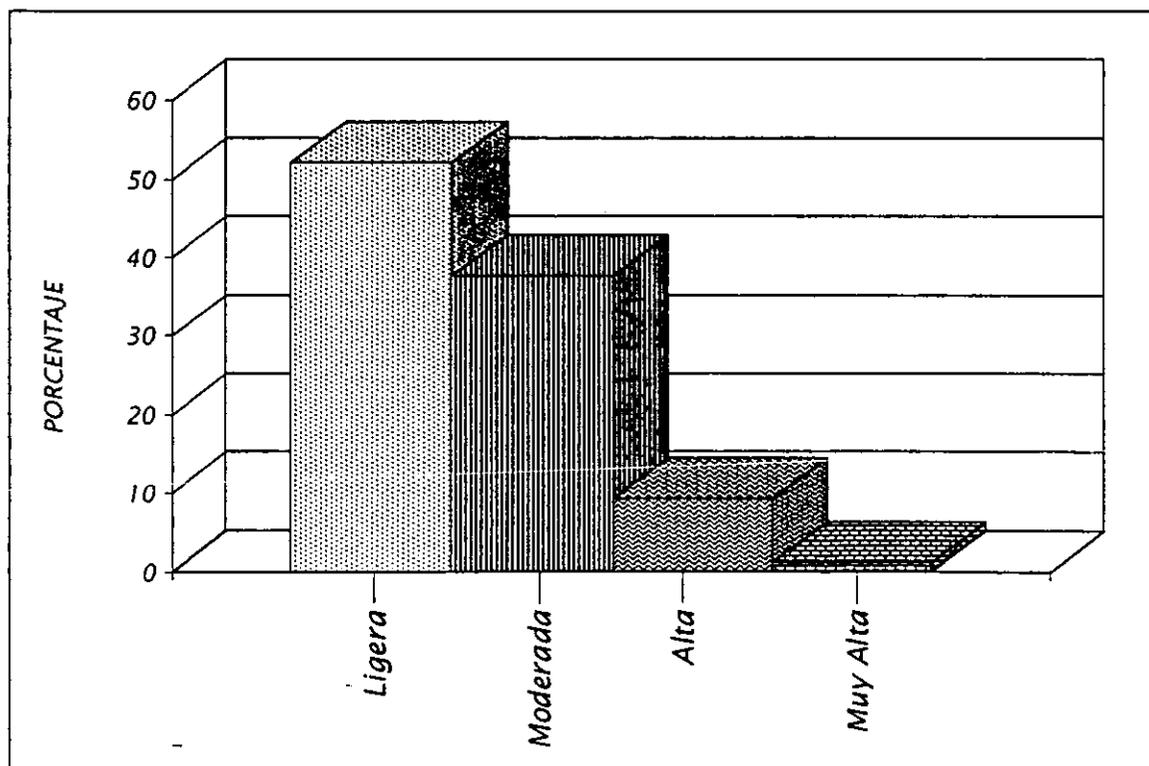


Figura 21. Gráfica de superficies de erosión potencial laminar hídrica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE,1993) determinados.



### 8.3.2.2 Erosión potencial laminar eólica (EPL)

El Cuadro 34 muestra las superficies y porcentajes determinados para los diferentes niveles de EPL obtenidos para la zona.

EROSIÓN POTENCIAL LAMINAR EÓLICA	Area (ha)	Porcentaje
Sin Erosión (< 12 ton/ha/año)	-----	-----
Ligera (12-50 ton/ha/año)	31 468.94	44.77
Moderada (50-100 ton/ha/año)	25 684.19	36.54
Alta (100-200 ton/ha/año)	8 940.75	12.72
Muy Alta (>200 ton/ha/año)	4 190.25	5.96
<b>TOTAL</b>	<b>70 284.13</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 34. Superficie de la erosión potencial laminar eólica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE,1993).

En este caso se discutirá en primera instancia el comportamiento de la EPL moderada, debido a que e influye directamente en el de la EPL ligera.

La zona de influencia de la EPL moderada (pérdida de 50-100 ton/ha/año) que afecta al 36.5% del área de estudio (25 684.19 ha), se distribuye hacia la porción Este. Ello se atribuye a que la mayor incidencia de los vientos viene del Este, pues se trata de áreas altas (1 400-2 300 msnm) donde las geoformas predominantes son cerros (Sistemas Ecogeográficos Agua Hedionda y El Sauz Sierra). El mismo comportamiento se observa hacia el Norte, en el Sistema Ecogeográfico Agua Florida (La Mesa, Tolantongo, San Cristóbal), donde los abarrancamientos inducen el encañonamiento de los vientos.

La incidencia de la EPL moderada coincide con la superficie que ocupan los Leptosoles Réndzico y Lítico, que son suelos someros y muy pedregosos ubicados en zonas de pendiente mayor al 35%, por lo que son muy susceptibles a erosionarse. Estos suelos presentan, en los Sistemas Agua Hedionda y El Sauz Sierra, matorral inerte y subinerte, cuya cobertura es menor que la de los bosques de pino y enebro que se encuentran en el Sistema Agua Florida. Lo que propicia la pérdida del suelo en esta zona, es el efecto del relieve y la presencia de barrancas. Por ello, se sugiere la implementación de prácticas de manejo y restauración inmediatas, encaminadas a disminuir el efecto erosivo del viento, como son las barreras rompevientos de especies vivas como pinos en la parte Norte, enebros en las zonas medias y matorrales en el Sur.

Otros lugares con riesgo de presentar EPL moderada, son los Valles de Tasquillo e Ixmiquilpan, donde el suelo es un Fluvisol Éutrico que se utiliza para la agricultura de riego. Esto se atribuye a la protección de la cubierta vegetal, que en su mayor parte está formada por árboles frutales, mismos que funcionan como barreras rompevientos; lo que ayuda a frenar la

velocidad y a disminuir la turbulencia, ayudando a que sólo se tengan niveles moderados de esta clase de erosión.

Hacia el Noroeste en la partes más altas y escarpadas también se presenta riesgo por causa de EPLE moderada coincidiendo con el sistema Zimapán y Sierra Juárez, cuyas características geomorfológicas, constituidas por grandes afloramientos rocosos, explican que la pérdida de suelo pueda ser mayor que en las áreas circundantes. Sin embargo, debido a que en estas zonas existe todavía vegetación natural (bosque de enebro y encino y matorral subinermes) es que la pérdida de suelo por efecto del viento no ha sido tan considerable, por lo que se sugiere se ponga atención a las zonas que potencialmente pueden ser afectadas por este tipo de erosión para evitar que crezcan sus límites o pasen de riesgo moderado a alto o muy alto.

La EPLE ligera (pérdida de 12-50 ton/ha/año) es la que tiene más probabilidad de afectar mayor superficie del territorio (31 468.9 ha). Se puede presentar desde la porción Central y hasta el Oeste del área, de Norte a Sur, debido a que aquí la incidencia del viento es menor que en la parte Este de la zona y sobretodo al relieve accidentado y alto que frena la velocidad del viento.

En la región Norte, este tipo de erosión afectaría a suelos profundos (Feozem Háptico asociado con Leptosol Mólico y Cambisol Éutrico) que tienen un horizonte A bien diferenciado y rico en materia orgánica, producto del aporte de la vegetación que sostienen (bosques de pino, encino y enebro), la cual produce un efecto amortiguador que evita que se pierda el suelo. De igual forma la erosión eólica afectaría a la zona en donde a pesar de que el suelo está sobre fuertes pendientes y relieve accidentado, la vegetación de bosque lo protege de la incidencia del viento.

En la porción Centro-Oeste la cobertura vegetal es más densa y la pendiente no es tan pronunciada (<10%), lo que hace que la pérdida del suelo no sea tan considerable, por lo que la erosión que afectaría a esta zona también es ligera. Aquí se encuentra un Regosol Éutrico con Leptosol Lítico que sostiene matorral subinermes y crasicaule de *Myrtillocactus geometrizans* con espinoso de *Prosopis laevigata*. También un Leptosol Mólico con L. Réndzico que presenta matorral inermes de *Flourensia resinosa* y matorral subinermes con algunos manchones de matorral crasirosulifolio.

En la parte Sur, en el Sistema Ecogeográfico San Juanico, potencialmente el suelo también puede ser afectado por erosión ligera, ya que el matorral de *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia spp.* protegen al suelo. Sin embargo, como en esta zona las pendientes van del 8 al 30%, el viento ejerce su influencia arrastrando las partículas del suelo hacia lugares más bajos.

En las zonas bajas y secas, donde se encuentran los Fluvisoles Calcáricos que son suelos profundos situados en áreas de relieve plano o ligeramente ondulado y que sostienen matorral espinoso deciduo y agricultura de temporal, la pérdida de suelo no es tan considerable ya que son zonas en donde la pendiente disminuye la acción del viento y la cobertura vegetal los protege.

En el caso de la EPLE alta (pérdida de 100-200 ton/ha/año), se presentan dos áreas de alto riesgo. La primera en el Valle de El Sauz donde el suelo es Feozem Calcárico y la segunda en el Sistema Ixmiquilpan-Alfajayucan, donde el suelo es Fluvisol Calcárico. El riesgo de pérdida de suelo se atribuye en primera instancia, a que los suelos calcáreos son más susceptibles de erosionarse y, por otro lado, a que en ambos sitios se practica la agricultura de temporal que, como es sabido, en algunas épocas del año el suelo no presenta cobertura que lo proteja, fomentando su pérdida de manera más acelerada. Debido a ello, se sugiere regular las actividades agrícolas complementadas con la implementación de prácticas de conservación para disminuir la tendencia degradativa de la erosión.

Finalmente, los sitios con mayor probabilidad de ser afectados por EPLE muy alta (pérdida de más de 200 ton/ha/año) son las partes altas que coinciden con las zonas montañosas de pendientes pronunciadas (mayor de 30%). La región de mayor influencia está en el Sistema Ecogeográfico El Sauz Sierra al Noreste del poblado El Sauz y al Oeste de San Cristóbal donde el suelo es un Leptosol Lítico con pedregosidad muy alta que se ha desmontado para introducir agricultura de temporal. Estos factores, asociados a la pendiente tan inclinada, provocan que el viento erosione al suelo de manera tan grave, por lo cual se sugiere la implementación de prácticas de manejo y restauración inmediatas, encaminadas a regenerar paisajes afectados por la erosión, como son el establecimiento de barreras físicas y vivas que amortigüen la incidencia de los vientos.

La Figura 22 muestra un balance total del área afectada por cada grado de EPLE y el Mapa 4 ilustra su distribución espacial.

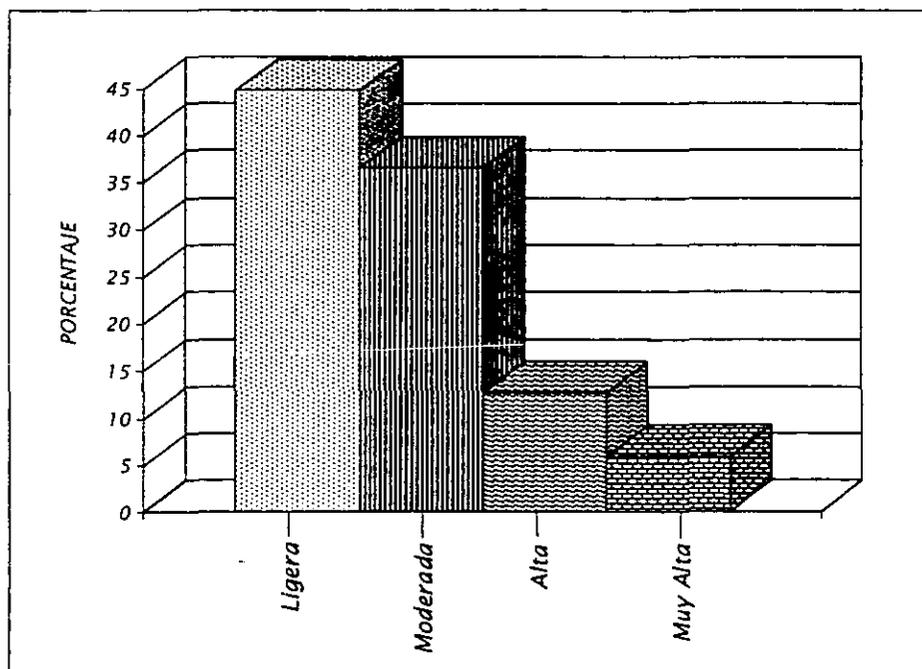
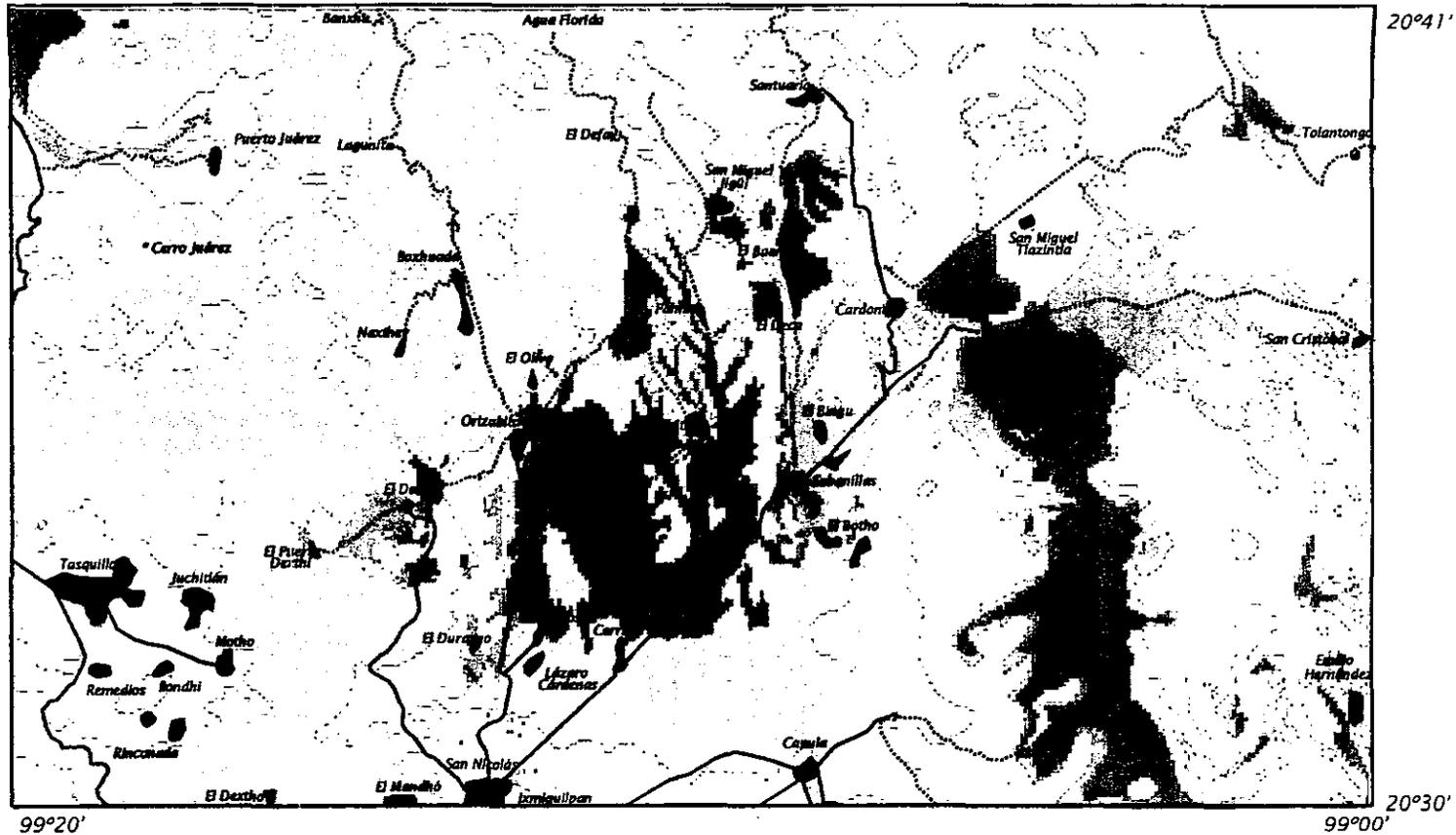


Figura 22. Gráfica de superficies de erosión potencial laminar eólica (FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993) determinados.



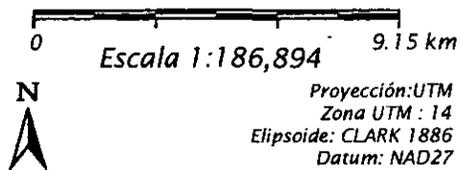
### ÍNDICE DE EROSIÓN POTENCIAL LAMINAR EÓLICA, ALTO MEZQUITAL, HIDALGO

#### SIMBOLOGÍA

- Sin erosión (< 12 ton/ha/año)
- Ligera (12-50 ton/ha/año)
- Moderada (50-100 ton/ha/año)
- Alta (100-200 ton/ha/año)
- Muy Alta (> de 200 ton/ha/año)
- Carretera
- Terracería
- Zona Urbana



FES IZTACALA  
LAB. EDAFOLOGIA  
UBIPRO  
Hernández Moreno Mayra  
Marzo-2001



Mapa 4. Índice de erosión potencial laminar eólica, Alto Mezquital, Hidalgo  
(FAO, 1980 modificado por SEDESOL-INE, 1993).

### 8.3.3 Clasificación de áreas erosionadas por pérdida de cobertura (FAO, 1954 En: Sánchez, 1992)

La clasificación de áreas erosionadas por pérdida de cobertura propuesta por FAO en 1954 (Sánchez, 1992), considera la pérdida del horizonte superficial del suelo tomando en cuenta el porcentaje de la superficie afectada, por lo que dicho autor la califica como más apropiada para realizar un inventario de áreas erosionadas evaluadas, a partir de fotografías aéreas pero considerando también el grosor y la textura del suelo y la pendiente.

El Cuadro 35 muestra las superficies y porcentajes determinados para los diferentes niveles de erosión por pérdida de cobertura obtenidos para la zona.

EROSIÓN POR PÉRDIDA DE COBERTURA	AREA (ha)	PORCENTAJE
No Aparente (< 25% de la capa superficial perdida y con menos del 10% de moderada o muy grave)	7 804.51	11.07
Ligera (< 25% de la capa superficial perdida y con 10% a 25% de moderada ó muy grave)	8 863.40	12.57
Moderada (25-75% de la capa superficial perdida y con menos del 10% de no aparente o muy grave)	27 318.42	38.75
Grave (25-75% de la capa superficial perdida y con 10% a 25% de no aparente o muy grave)	16 802.50	23.84
Muy Grave (> 75% de la capa superficial perdida y con mas del 25% de no aparente o moderada)	9 701.92	13.76
<b>TOTAL</b>	<b>70 490.75</b>	<b>100.00</b>

Cuadro 35. Superficie de áreas erosionadas por pérdida de cobertura (FAO,1954).

En el caso de este método, existe una clase de erosión que es la no aparente, que afecta al 11.07% de la zona (7 804.5 ha) que son las áreas destinadas a la agricultura de riego en el Sistema Ixmiquilpan-Alfajayucan. Esto implica que no son afectadas por la erosión, lo cual se atribuye a que por el tipo de uso del suelo, prácticamente en ningún momento del año hay una falta de cobertura vegetal considerable que induzca la pérdida del suelo, además de la protección que ofrecen las barreras vivas de agaves, nopales, mezquites y frutales y a que el Fluvisol Éutrico y Feozem Háplico, que dominan esta región, se caracterizan por presentarse en lugares donde el relieve es prácticamente plano, cuyas geoformas son bajas y hendidas y el intervalo de pendiente va del 2 al 4%.

La erosión ligera afecta al 12.57% de la zona (8 863.4 ha) y su área de influencia es hacia la parte Norte, donde la vegetación predominante son los bosques de pino y pino-encino en el Sistema Ecogeográfico Agua Florida, en el que el bajo efecto de la erosión se atribuye a que en estas regiones la cobertura vegetal es muy densa, en algunos sitios por arriba del 100%, lo que evita la pérdida de suelo a causa de la lluvia, ya que en esta zona es donde se registra la mayor precipitación del área de estudio.

Al igual que en los resultados obtenidos por la metodología de FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993), la mayor parte del área estudiada (27 318.4 ha) es afectada por un proceso de erosión moderada. Su afectación se da prácticamente en toda la zona, coincidiendo justamente con las partes destinadas para agricultura de temporal, lo cual explica el grado de erosión, ya que debido a esta práctica, el suelo está descubierto la mayor parte del año, quedando expuesto a la acción del agua y del viento. Los suelos más afectados con este grado de erosión son: en el Sistema Ecogeográfico El Sauz Valle el Feozem Calcárico, en el Sistema Ixmiquilpan-Alfajayucan el Fluvisol Calcárico y en el Zimapán los Fluvisoles Éutrico y Calcárico.

Hacia el Oeste en los Sistemas San Juanico y Cardonal-Dexthí, la erosión moderada afecta áreas con matorral de *Myrtillocactus geometrizans* y *Opuntia spp.* que se desarrolla sobre la asociación entre el Feozem Háptico y Leptosol Mólico. En el segundo Sistema, especialmente donde se encuentran suelos Regosol Éutrico con Leptosol Lítico y Leptosol Mólico con Réndzico, la vegetación predominante corresponde a matorral espinoso deciduo y matorral subinerme.

Es notorio que las formas biológicas y la densidad de la vegetación que no es tan abundante, favorecen la erosión moderada. Además, la zona está sometida a una explotación continua por agricultura de temporal, en la que en una buena parte del año prácticamente no hay vegetación que proteja al suelo contra la erosión. De igual forma, los matorrales están sometidos a presiones humanas, por la extracción de especies de importancia para la obtención de leña, materiales de construcción y plantas de consumo alimenticio, lo que repercute en la erodabilidad de estos lugares. Por lo que se sugiere la introducción de especies nativas que generen cobertura, como es el caso del *Agave lecheguilla* y leguminosas: *Prosopis laevigata*, acacias y mimosas.

Por otra parte, el 23.4% de la zona (16 802 ha) presenta una mayor susceptibilidad de presentar erosión grave, principalmente hacia el Norte en los Sistemas Agua Florida y Sierra Juárez, en donde los bosques de enebro, pino, encino y sus asociaciones, son sometidos a severos desmontes para la explotación de la madera y la introducción de agricultura de temporal. Debido a que estas áreas son abandonadas después de algún tiempo de uso, se erosionan de manera considerable por el daño que provocan la combinación de factores como la pendiente pronunciada y el clima. Esta clase de erosión también puede provocar graves daños en el área de selva baja caducifolia de Tolantongo y La Mesa, lo cual se atribuye al régimen de lluvias, a que las geoformas predominantes son barrancas.

Por lo anterior, se sugiere que se controle el mal manejo que se le ha dado a estas zonas, en donde la tala inmoderada aumentaría la susceptibilidad de erosión, así como limitar las actividades en sitios donde el suelo es muy delgado y/o con pendiente fuerte.

Otra zona con alto riesgo de erosión grave se presenta en el Sistema Ecogeográfico El Sauz Sierra. La cobertura vegetal está dominada por matorral Inerme de *Sophora secundiflora* en asociación con *Karwinskia humboldtiana*, de cobertura muy dispersa, que se encuentra sobre Leptosol Réndzico y L. Lítico, suelos extremadamente someros pedregosos y muy

susceptibles a la erosión, ya que están asociados a geoformas cerriles, de pendiente pronunciada (mayor del 30%) y materiales calizos, lo cuál favorece su desprendimiento y transporte hacia zonas más bajas.

Finalmente, las áreas con una susceptibilidad alta de tener erosión muy grave, que provocaría fuertes daños en el 13.76% de la zona (9 701.9 ha) se presenta principalmente en el Sistema Ecogeográfico Agua Hedionda, que tiene una vegetación de matorral subinorme, que está sometido a una fuerte explotación. En el Sistema Agua Florida, la zona cubierta por matorral crasicaule de *Cephalocereus senilis* sería afectado por esta clase de erosión debido a los abarrancamientos con pendientes muy pronunciadas que se presentan y a que el suelo (Leptosol Réndzico) es muy susceptible a ser erosionado. El Sistema Cardonal-Dexthí, en el que la vegetación dominante también es el matorral subinorme con una parte de matorral de *Myrtillocactus geometrizans* con matorral espinoso, también presenta un riesgo de erosión muy alto debido a la baja densidad vegetal y la alta explotación.

La Figura 25 muestra un balance total del área afectada por cada grado de erosión por pérdida de cobertura determinada para la zona y el Mapa 5 ilustra su distribución espacial.

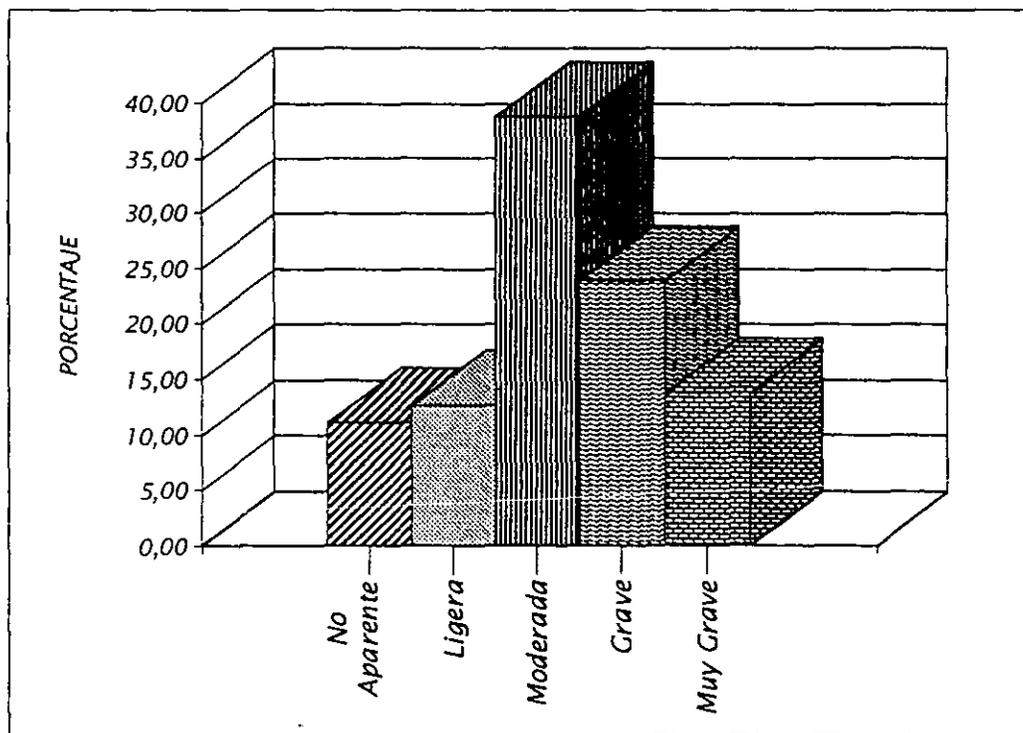


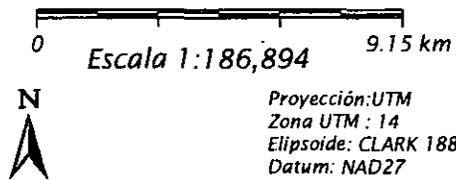
Figura 23. Gráfica de superficies de erosión por pérdida de cobertura (FAO, 1954 En: Sánchez, 1992).



**ÁREAS EROSIONADAS POR PÉRDIA DE COBERTURA,  
ALTO MEZQUITAL, HIDALGO**



FES IZTACALA  
LAB. EDAFOLOGIA  
UBIPRO  
Hernández Moreno Mayra  
Marzo-2001



- SIMBOLOGÍA**
- E. No Aparente
  - E. Leve
  - E. Moderada
  - E. Grave
  - E. Muy Grave
  - Carretera
  - Terraceria
  - Zona Urbana

Mapa 5. Áreas erosionadas por pérdida de cobertura de acuerdo a FAO, 1954.

### 8.3.4 Comparación de los niveles de erosión determinados con las distintas metodologías utilizadas

Se consideró importante resaltar las similitudes y diferencias encontradas entre los dos métodos empleados para calcular la erosión. El Cuadro 36 y la Figura 27 muestran dicha comparación.

CLASE			SUPERFICIE (ha)			PORCENTAJE		
FAO, 1954	FAO, 1980		FAO, 1954	FAO, 1980		FAO, 1954	FAO, 1980	
	HIDRICA	EOLICA		HIDRICA	EOLICA		HIDRICA	EOLICA
No Aparente	Sin Erosión	Sin Erosión	7 804.51	0.00	0.00	11.07	0.00	0.00
Leve	Ligera	Ligera	8 863.40	36 530.81	31 468.94	12.57	52.02	44.77
Moderada	Moderada	Moderada	27 318.40	26 463.25	25 684.19	38.80	37.69	36.54
Grave	Alta	Alta	16 802.50	6 471.00	8 940.75	23.84	9.22	12.72
Muy Grave	Muy Alta	Muy Alta	9 701.92	755.44	4 190.25	13.76	1.08	5.96

Cuadro 36. Comparación de los resultados obtenidos a partir de los dos métodos aplicados para calcular erosión.

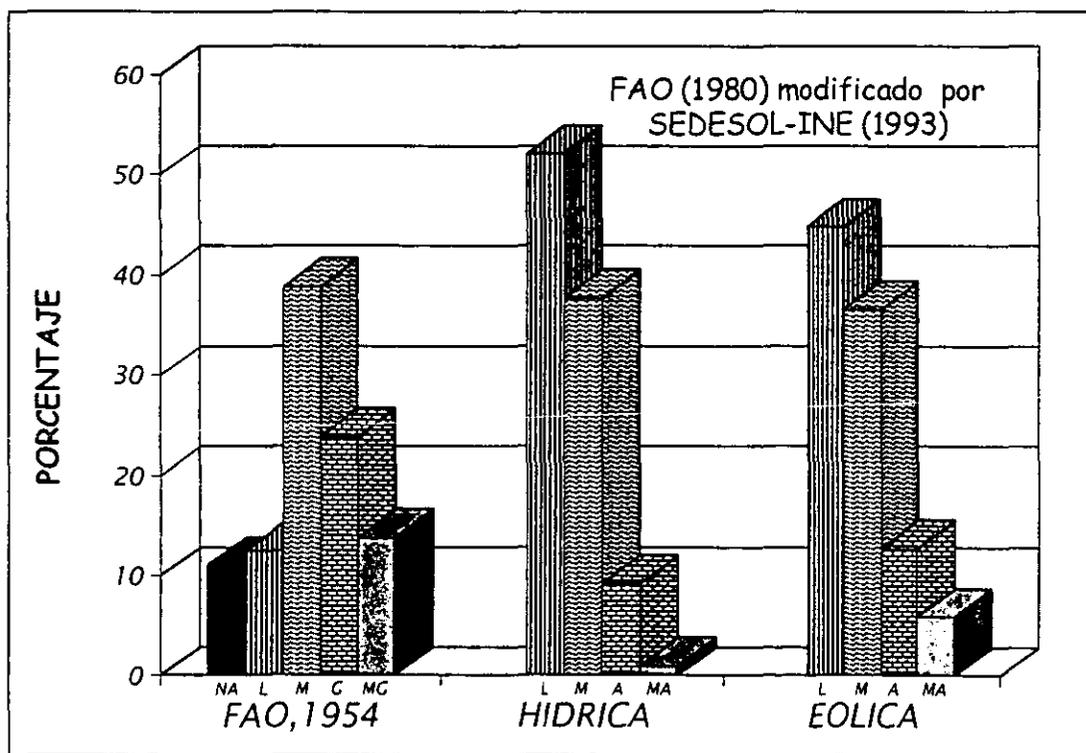


Figura 24. Comparación entre los criterios de erosión determinados.

Como se puede observar, el porcentaje de superficie con grado de erosión moderada para todos los casos es muy similar (entre 36 y 38%). En el criterio de pérdida de cobertura (FAO, 1954) se pierden 27 318.4 ha de toda el área de estudio, mientras que para la erosión potencial laminar propuesta por FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993) la pérdida potencial por erosión hídrica es de 26 463.3 ha y de 25 684.2 ha para la eólica. Sin embargo, considerando que el proceso de erosión no es selectivo es decir, que tanto la erosión hídrica como la eólica actúan al mismo tiempo; entonces la pérdida de suelo se duplica (73.23%).

Además la tendencia en los dos métodos es similar, pues en ambos la superficie de terreno que sería afectada por la erosión va disminuyendo conforme aumenta el grado de erosión. Es decir, la erosión muy alta o muy grave es la que afectaría una menor superficie del área de estudio. Esto es, que los grados de erosión que potencialmente causarían más daño en la zona, son las que menor superficie del área afectarían. Sin embargo, es importante considerar estas áreas dentro de un plan de manejo y restauración que involucren la evaluación real de los niveles de erosión de estas zonas y su posible recuperación dentro de los límites permisibles.

De igual forma es necesario considerar y centrar los esfuerzos y recursos para evaluar el estado real de la erosión en las zonas que presentan erosión potencial moderada y ligera, incluyéndolas dentro del programa como regiones prioritarias para evaluarla y monitorearla con el fin de evitar que los límites crezcan, o peor aún, que el riesgo pase a ser alto o muy alto.

En cuanto a la erosión ligera, se observa que se perdería un menor cantidad de suelo por este grado de erosión en el método propuesto por FAO (1954) en comparación con el de SEDESOL-INE (1993). Esto puede atribuirse a que el primer modelo incluye una clase más que es la no aparente, que afectaría a las zonas donde se practica agricultura de riego (Sistema Ixmiquilpan-Alfajayucan en los Valles de Ixmiquilpan y Tasquillo-Juchitlán), que en el caso de la erosión potencial hídrica se considera como ligera y en la eólica como moderada en su mayor parte. Por lo que si se adiciona esta clase de erosión no aparente por pérdida de cobertura a la ligera, se perdería cerca del 25% de la superficie, sin considerarse esto un problema de pérdida del recurso.

Finalmente, se observa una marcada diferencia en cuanto a los lugares que serían afectados por las distintos grados de erosión en ambos modelos, ya que la erosión moderada de FAO (1954) ocurre en zonas que el criterio SEDESOL-INE (1993) reconoce con posibilidades de erosión ligera. Esto puede deberse a que el primero considera zonas donde la erosión no es aparente y no existe equivalencia con el otro método, ya que como es un modelo que considera no solo la pendiente y la cobertura vegetal, sino la textura del suelo y su capacidad de erosionarse, supone que siempre va a haber pérdida del mismo por mínima que sea.

De todo lo anteriormente expuesto y considerando lo que menciona Hallsworth (1987) citado por Becerra (1999), el problema más grave que provoca la erosión es la pérdida irreversible del suelo, con la consecuente disminución de su fertilidad, aumento en la compactación, formación de cárcavas, disminución de la productividad agrícola e infiltración de agua por pérdida de la vegetación, causando reducción de los acuíferos, enzolamiento de presas, lagos y ríos; y por ende, la generación de problemas sociales tales como pobreza y marginación.

Esta situación no es la excepción en el Valle del Mezquital que es una zona de gran importancia económica, ecológica y socio-cultural, en la que toda la problemática que representa el mal uso y manejo de los recursos naturales repercute de manera importante en su pérdida irreversible. Es por ello que todos los esfuerzos que se lleven a cabo para el entendimiento del proceso erosivo, así como la implementación de acciones tendientes a su prevención y control, son de vital importancia para intentar un aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, que es una necesidad imperante para la sobrevivencia de las poblaciones humanas asentadas en el Valle.

## 9. CONCLUSIONES

- ☞ Para el área de estudio se encontraron 7 Grupos Mayores de suelo dominantes y 13 Unidades de acuerdo al criterio FAO-UNESCO (1988), de los cuales los más ampliamente distribuidos son los Leptosoles con un 39.4%, seguidos de los Feozem con un 26.61%.
- ☞ Los suelos identificados presentan diferente grado de desarrollo evolutivo, ya que se encontraron suelos jóvenes como: Leptosoles, Fluvisoles, Regosoles y Vertisoles y maduros como Feozems y Luvisoles. Esto indica que el área se encuentra en una zona de heterogeneidad geomorfológica y transición climática.
- ☞ La diversidad de los Grupos de suelo depende, por lo tanto, de las condiciones fisiográficas, tipo de sustrato, clima y tiempo de formación.
- ☞ Se determinaron 13 diferentes usos de suelo y tipos de vegetación con sus respectivas asociaciones, de los cuales el más ampliamente distribuido a lo largo de la zona de estudio fueron los matorrales con un 42.14%.
- ☞ El matorral mejor representado es el crasicaule, con 12.38% del área total; aunque de manera individual, se ve superado por la extensión que ocupa la agricultura de temporal (16 440.3 ha, equivalentes al 23.27%).
- ☞ La zona presenta un gradiente altitudinal identificado por la presencia de bosques en la parte alta, que se establecen sobre sustratos ígneos, con excepción del bosque de pino que se encuentra en lutitas y calizas. Matorral crasicaule sobre sustratos ígneos en la parte media y matorral subinermes en materiales mixtos de origen volcánico y sedimentario, también en la parte media. Finalmente, matorral espinoso y bosque de galería en la parte baja sobre suelos transportados.
- ☞ Entre los principales problemas relacionados con la degradación del suelo están: la erosión, sobrepastoreo, deforestación, inundaciones permanentes por exceso de riego, compactación, pérdida de materia orgánica, estructuración deficiente y salinidad.
- ☞ Los procesos de erosión por pérdida de cobertura en la zona corresponden, en su mayor parte, a moderada y grave.
- ☞ La zona presenta problemas de erosión entre ligera y moderada considerando los dos métodos aplicados. Para el caso de FAO (1954) representan el 51.54% del área y para el de FAO (1980) modificado por SEDESOL-INE (1993), es mayor a 89.7%.
- ☞ El proceso de erosión en la zona ha sido favorecida debido a la presión ejercida por la apertura de tierras agrícolas, el sobrepastoreo y la tala y desmontes incontrolados.

- ☞ De acuerdo a las dos metodologías utilizadas, se observa que la pérdida de suelo por erosión en la zona está en el punto límite para convertirse en un verdadero problema. Por esto es necesario implementar planes y programas de manejo, restauración y conservación que eviten que la erosión del suelo pase de un riesgo moderado a uno alto o muy alto. Con ello se pretende fomentar su eficiente aprovechamiento y así promover una mejor calidad de vida de las poblaciones, la restauración de ambientes, la conservación de los recursos y el manejo sustentable de ellos; contribuyendo así a la elevación del desarrollo regional.
- ☞ Las dos metodologías utilizadas se basan en modelos teóricos, una de ellas es de carácter predictivo y preventivo, ya que trata de establecer qué superficie del territorio es más susceptible ante el proceso erosivo. La otra se basa en la observación de la condición de la cobertura vegetal y uso del suelo a través de imágenes de satélite y fotografías aéreas.
- ☞ La aplicación del sistema de información geográfica facilita en gran medida el manejo, manipulación y transformación de grandes cantidades de datos, sobre todo cuando se intenta elaborar algún modelo del comportamiento de los recursos naturales. Sin embargo, esto no nos debe asilar de la realidad, pues es necesario siempre corroborar la información generada a través de los SIG, haciendo verificaciones de campo.

## 10. SUGERENCIAS

- ☞ Elaborar un plan que permita programar el uso del suelo, desde luego considerando la génesis, morfología y ubicación geográfica de cada unidad de suelo, sin soslayar a los factores sociales, económicos y culturales de la región.
- ☞ Limitar y regular las actividades agrícolas en sitios donde el suelo es muy delgado y/o la pendiente es fuerte para evitar su pérdida por causa de los agentes erosivos.
- ☞ Programar el pastoreo tomando en consideración la capacidad de carga de los diferentes tipos de vegetación y suelos.
- ☞ Disminuir la tala inmoderada, sobre todo la que se practica en zonas boscosas donde el riesgo y susceptibilidad de erosión de los suelos es alta.
- ☞ Implementar estrategias encaminadas a restaurar paisajes afectados por la erosión, como la introducción de especies nativas que incrementen el área de cobertura vegetal
- ☞ Establecer campañas para fomentar la fertilización orgánica de los suelos y prácticas agrícolas de conservación, con el propósito de disminuir la compactación, mejorar la estructuración y permitir el flujo de aire y agua.
- ☞ Diseñar y establecer programas específicos tendientes a disminuir los procesos de erosión.
- ☞ Realizar investigaciones para conocer y evaluar otros tipos de degradación que están ocurriendo en la zona.
- ☞ Establecer un programa de monitoreo continuo para evaluar los procesos degradativos y su influencia sobre el suelo.
- ☞ Comparar las metodologías de evaluación de erosión aplicada con otras existentes y/o con otros sistemas de información geográfica para validar los resultados obtenidos en la presente investigación, sobre todo implementando métodos directamente en campo.

## 11. BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- 📖 **Aguilar, O.M.C.** 1999. Propuesta de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Santiago de Anaya. Hgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 131 p.
- 📖 **Aldasoro, M.M.** 2000. Etnoentomología de la comunidad Hñahñu, El Dexthí-San Juanico, Hidalgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. p 32-46.
- 📖 **Allen, P.M.** 1997. Standarization of mapping practices in the British Geological Survey. *Computers & Geosciences* 23(6):609-612.
- 📖 **Baker Jr., M.B., Y. Chávez-Huerta, L.A. Medina y S. Dudley.** 1994. Aplicación de sistemas de información geográfica en la evaluación de la Cuenca del arroyo El Carrizal, Tapala, Jalisco, México. USDA. Forest Service. Rocky Mountainin Forest and Range Experiment Station. General Technical Report RM-GTR. Fort Collins, Co. Estados Unidos. p 131-141.
- 📖 **Becerra, M.A.** 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 376 p.
- 📖 **Blásquez, L.** 1938. Memorias de la Comisión Geológica del Valle del Mezquital, Hgo. Instituto de Geología, UNAM. México. p 50-60.
- 📖 **Bouma, J.** 1997. The land use systems approach to planning sustainable land management at several scales. *ITC Journal* 3(4):237-242.
- 📖 **Burrough, P.A.** 1991. Soil Information Systems. **En:** Maguire, D.J., M.F. Gooldrich y D.W. Rhind. Geographical Information Systems. Principles and Applications. Vol. 2. Longman Scientific & Technical. New York, Estados Unidos. p 153-169.
- 📖 **Cendrero, A; J.R. Díaz, D. González, V. Mascitti, R. Rotondaro y R. Tecchi.** 1993. Environmental Auditing. Environmental Diagnosis for Planning and Management in the High Andean Region: The Biosphere Reserve of Pozuelos, Argentina. *Environmental Management* 17(5):683-703.
- 📖 **CETENAL,** 1970. Carta de climas. 14Q-III - Querétaro. Esc. 1:500,00. UNAM-Instituto de Geografía. México.
- 📖 **Colegio de Postgraduados.** 1977. Manual de Conservación del suelo y agua. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 559 p.
- 📖 **Cuanalo de la Cerda, H.E.** 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Segunda edición. Centro de Edafología. Colegio de Posgraduados. Chapingo, Edo. de México. 40 p.
- 📖 **Díaz, M.S.** 1997. Análisis multitemporal de un sistema lagunar costero a través de Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 74 p.
- 📖 **Delgado, D.M.R** 2000. Levantamiento edafológico semidetallado del territorio de la comunidad del Dexthí, Alto Mezquital Hgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 79 p.
- 📖 **FAO.** 1980. Metodología provisional para evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia.

- ☞ FAO. 1980. Metodología provisional para evaluación de la degradación de los suelos. Roma, Italia.
- ☞ FAO. 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Serie: Zonas áridas y semiáridas No. 7. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile. Chile. p 16-28.
- ☞ FAO. 1997. Informes de avance: Programa 21. capítulo 10: Planificación y ordenación integradas de los recursos naturales.  
<http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/Spdirect/Epre0029.htm>
- ☞ FAO-UNESCO. 1988. Soil map of the world. Food and Agriculture Organization of the United Nations-Rome. Italy.
- ☞ FAO/UNESCO. 1994. Soil Map of the World. Reference Base for soil Resources. International Soil Reference and Information Centre. Rome, Italy.
- ☞ García, E. 1973. Modificación al sistema climático de Köppen. Instituto de Geografía. UNAM. México.
- ☞ González-Quintero, L. 1968. Tipos de Vegetación del Valle del Mezquital Hidalgo. Instituto Nacional de Antropología e Historia. México. 49 p.
- ☞ Groenigen, J.W., A. Stein y R. Zuurbier. 1997. Optimization of environmental sampling using interactive GIS. *Soil Technology* 10(2):83-97.
- ☞ Guarino, L. 1995. Geographic information systems and remote sensing for plant germoplasm collectors. En: Guarino, L, Ramanatha, R.V y Reid, R. 1995. Collecting Plant Genetic Diversity. Technical Guidelines. CAB International. Wallingford, Gran Bretaña. p. 315-328.
- ☞ Guerra, M.V. 1997. Percepción Remota y Sistemas de Información Geográfica en la conservación de los Recursos Naturales. **En:** *Espacio Académico. CEMANÁHUAC #1*. Vol. III. México.
- ☞ Hernández, G.L.A. 1994. Uso Potencial agrícola, pecuario y forestal en el Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala UNAM. México. 131 p.
- ☞ ITC, 1997a. ILWIS for Windows. Reference Guide. International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences. Enschede, Holanda. 616 p.
- ☞ ITC, 1997b. ILWIS for Windows. User's Guide. International Institute for Aerospace Survey & Earth Sciences. Enschede, Holanda. 511 p.
- ☞ INEGI. 1982. Carta Fisiográfica México. Escala 1:1,000,000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- ☞ INEGI. 1983. Carta Edafológica. Hoja Pachuca F-14-11. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- ☞ INEGI. 1985. Carta de Uso del Suelo y Vegetación. Escala 1:250 000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- ☞ INEGI. 1987. Carta Climática. Ciudad de México. Escala 1:1,000,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.
- ☞ INEGI. 1999. Modelo Digital de Elevación. Carta Tasquillo F14-C69. Escala 1:50,000. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

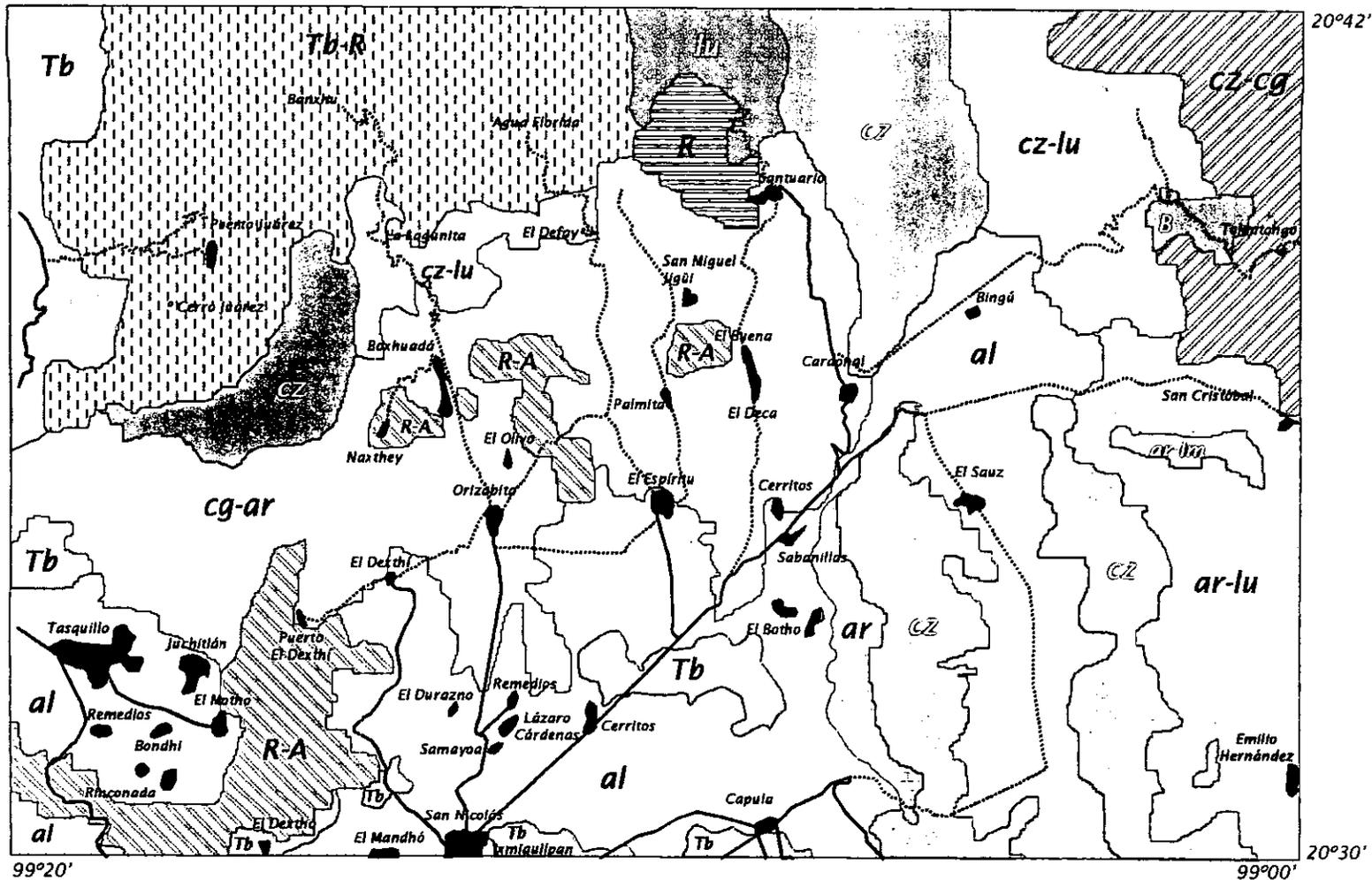
- ☞ **Javier, J.L.** 1995. Estudio macro y micromorfológico de los suelos del Valle de Tasquillo, Hidalgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 83 p.
- ☞ **Jiménez, M.V.** 1999. Propagación y producción de especies (*Prosopis laevigata* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) M.C. Johnston; *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.; y *Mimosa depauperata* Benth.) de importancia forestal no maderable en "El Dexthí-San Juanico", Municipio de Ixmiquilpan. Hgo. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. p 15-42.
- ☞ **Lillesand, T.M. Y R.W. Kiefer.** 1979. Remote Sensing and Image Interpretation. John Wiley & Sons. Estados Unidos. p. 114-141.
- ☞ **López B. J.** 1994. Evaluaciones Geomorfológicas y de Recursos Naturales aplicando un Sistema de Información Geográfica (ILWIS). Tesis de Doctorado en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. División de Estudios de Posgrado, Departamento de Geografía. UNAM. México. 222 p.
- ☞ **López, F., D. Muñoz, A. Cantú, y A. Soler.** 1994. Resources, Environmental Damage and Ecological Planning Land Use in the Mezquital Valley, Hidalgo, Mexico. 15<sup>th</sup> World Congress of Soil Science Acapulco, Mexico. Julio 10-16. Vol. 6b: Commission V: Poster Sessions. p.22-23.
- ☞ **López, F., M. Hernández, D. Muñoz y A. Soler.** 1999. El Caso Dexthí-San Juanico, Valle del Mezquital, Hidalgo. México. En: FIDAMERICA. Experiencias locales de lucha contra la desertificación en zonas semiáridas pobres de América Latina y El Caribe. Conferencia Electrónica. Del 13 de Septiembre al 22 de Octubre. <http://www.fidamerica.cl/actividades/conferencias/desertificacion/index.html>
- ☞ **López, G. F.** 1996. Manejo y conservación de suelos con flora nativa en el Valle del Mezquital, Hgo. XXVII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Noviembre 18 al 22. Sonora. México.
- ☞ **López, G. F.** 2000. Evaluación de Recursos y Planeación Ecológica del uso del suelo en los Municipios de Cardonal, Tasquillo, y norte de Ixmiquilpan, Hidalgo. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. UNAM. México. 180 p.
- ☞ **López, G.F. y Muñoz I.D.** 1987. Importancia de la relación suelo-planta y el aprovechamiento de los recursos en los Valles de Ixmiquilpan y Actopan, Edo. de Hgo. XX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Noviembre 11-14. Zacatecas, Zac. Soc. Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
- ☞ **López, G.F. y Muñoz I.D.** 1991. Evaluación de los recursos vegetales en el Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. Segundo encuentro regional de investigadores de flora y fauna. ANUIES región V. México. Pachuca, Hgo.
- ☞ **Maguire, D.J., M.F. Goodchild y D.W. Rhind.** 1991. Geographical Information Systems. Principles. Ed. Longman Scientific & Technical. Vol. 1. Inglaterra. 649 p.
- ☞ **Mathieu, R. C. King y Y. L. Bissonnais.** 1997. Contribution of multi-temporal SPOT data to the mapping of a soil erosion index. The case of the loamy plateaux of northern France. *Soil Technology* 10(2):99-110.
- ☞ **Matteucci, S. y G. Aida.** (1982). Metodología para el estudio de la vegetación. Secretaría de la Organización de los Estados Americanos. Serie Biología. Monografía 23.

- ☐ **Mendoza, C.A. y Cortés, G.** 1994. Caracterización fisicoquímica y evaluación toxicológica utilizando bioensayos en agua, suelo y sedimento del Distrito de Desarrollo Rural 063, Hidalgo. Tesis profesional de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM. México.
- ☐ **Miranda F. y Hernández X., E.** 1963. Los Tipos de Vegetación en México y su Clasificación. *Bol. Soc. Bot. México* 28: 27-72.
- ☐ **Molnar, D.K. y Julien P.Y.** 1998. Estimation of upland erosion using GIS. *Computers and Geosciences* 24(2):183-192.
- ☐ **Muñoz, I.D.** 1999. Estudio cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital. Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad de Ciencias. División de Estudios de Posgrado. UNAM. México. 106 p.
- ☐ **Muñoz, I.D., C.A. Mendoza, F. López, A. Soler y M. Hernández.** 2000. Manual de prácticas de Edafología. Laboratorio de Edafología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1986. Levantamiento Edafológico de Santiago de Anaya, Hgo. Trabajos de Biología de Campo, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala UNAM. México. Inédito.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1987. Levantamiento Edafológico del Valle de Actopan. 20° Congreso de la Sociedad Mexicana del Suelo. Noviembre 11-14. Zacatecas, Zac. México. p. 17.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1988. Levantamiento Edafológico de Ixmiquilpan, Hgo. Trabajos de Biología de Campo, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. Inédito.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1989. Levantamiento Edafológico de Progreso-Chilcuautla, Hgo. Trabajos de Biología de Campo, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. Inédito.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1990. Propuesta para el Ordenamiento Ecológico del Uso de Suelo en el Valle del Mezquital, Hgo. Memorias del XXIII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 4 al 9 de Noviembre. Comarca Lagunera. Soc. Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
- ☐ **Muñoz, I.D. y López, G.F.** 1991. Levantamiento Edafológico de Tasquillo, Hgo. Trabajos de Biología de Campo, Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. Inédito.
- ☐ **Muñoz, L.E.** 1990 El Sistema de Información Geográfica como herramienta para la determinación del diagnóstico del recurso suelo, caso: Subcuenca Arroyo Muerto Ocoyoacac, Estado de México. Tesis Profesional de Licenciatura en Geografía. Facultad de Filosofía y Letras, Escuela de Geografía. UNAM. México. 135 p.
- ☐ **Navarro, M.C. y Paulin, G.L.** 1998. Sistemas de Información Geográfica. Teoría Introductoria y ejercicios con AutoCAD e IDRISI. Publicaciones Docentes del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera". No. 2. Facultad de Ciencias, Departamento de Biología. UNAM. México. 163 p.
- ☐ **Ortega, R.J.M.** 1996. Caracterización de la Cuenca del Río Chiquito de Morelia, Michoacán, México, por medio de un Sistema de Información Geográfica. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 77 p.

- Ortiz-Solorio, C.A.; D. Pájaro H. y M.C. Gutiérrez C. 1994. Introducción a la leyenda del mapa mundial de suelos FAO/UNESCO, versión 1988. Cuaderno de Edafología 20. Instituto de Recursos Naturales – Programa de Edafología. Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Estado de México, México. 40 p.
- Ortiz-Solorio, C.A. y H. E. Cuanalo. 1978. Metodología del Levantamiento Fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Edo. de México. 85 p.
- Ortiz-Solorio, C. A. y H. E. Cuanalo. 1981. Introducción a los Levantamientos de Suelos. Colegio de Postgraduados. Chapingo. Edo. de México, México. 81 p.
- Ponce-Hernández, R. 1993a. Land Resources Inventories for Land Evaluation and Land Use Planning: a combined approach for Mexico. En: Ruiz Figueroa, J.F. Evaluación de Tierras para una Agricultura Sostenible en México. Seminario-Taller. CIMMYT. El Batán, Estado de México. México. p. 65-88.
- Ponce-Hernández, R. 1993b. Spatial Decision Support Systems for Automated Land Evaluation: data processing and spatial information systems. En: Ruiz Figueroa, J.F. Evaluación de Tierras para una Agricultura Sostenible en México. Seminario-Taller. CIMMYT. El Batán, Estado de México. México. p. 101-110.
- Ramalho-Filho, A., R. Pereira de Oliveira y L. Charlet Pereira. 1997. Use of geographic information systems in (planning) sustainable land management in Brazil: potetialities and user needs. *ITC Journal* 3(4):225-231.
- Salazar, J. 1994. Determinación de algunos sistemas de reforestación para diferentes variedades de *Agave lecheguilla* Torr. en los Municipios de Ixmiquilpan y Cardonal. Tesis Profesional de Licenciatura en Ecología. Universidad del Valle de México. México. 127 p.
- Sánchez, V.F. 1992. El uso de sensores remotos para la cuantificación de erosión de zonas áridas y semiáridas. Tesis Profesional de Licenciatura en Biología. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México. 83 p.
- SEDESOL-INE. 1993. Ordenamiento Ecológico General del Territorio Nacional, Memoria Técnica y Metodológica. Secretaría de Desarrollo Social. México. 2020 p.
- Segerstrom, K. 1962. Geology of the South Central Hidalgo and Northeastern Mexico. *U.S. Geol. Survey Bull.* 1104-c: 87-162.
- SEMARNAP. 1997. Programa de desarrollo regional sustentable del Valle del Mezquital y Sierra Gorda. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca. México. p 40-89.
- Simonett, D.S., R.G. Reeves, J.E. Estes, S.E. Bertke y Ch.T. Sailer. 1983. The Development and Principles of Remote Sensing. En: Colwell, R.N, D.S. Simonett y F.T. Ulaby. Manual of Remote Sensing. Thory, Instruments and Techniques. Vol I. American Society of Photogrametry. Estados Unidos. p. 1-32.
- Skidmore, A.K., W. Bijker, K. Schmidt y L. Kumar. 1997. Use of remote sensign and GIS for sustainable land management. *ITC Journal* 3(4):332-345.
- Soria, R.J., C.A. Ortiz S., F. Islas G. y V. Volke H. 1998. Sensores Remotos, Principios y Aplicaciones en la Evaluación de los Recursos Naturales. Experiencias en México. Primera Edición. Publicación Especial. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo (S.M.C.S.). Chapingo, Edo. de México. México. 93 p.

- 📖 **Strandberg, C.H.** 1975. Manual de fotografía aérea. Ediciones Omega. Barcelona, España. 268 p.
- 📖 **USDA/Soil Survey Staff.** 1975. Soil taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys. U.S. Dept. Agric. Handbook.
- 📖 **Zárate, Z.R.** 1994. Estado de la degradación de la tierra inducida por el hombre: un manual para su cartografía. Cuaderno de Edafología 24. Instituto de Recursos Naturales. Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillos, Estado de México, México. 79 p.

# 12. ANEXOS



### LITOLOGÍA SUPERFICIAL, ALTO MEZQUITAL, HIDALGO



FES IZTACALA  
LAB. EDFAOLOGIA  
UBIPRO  
Hernández, Moreno Mayra  
Marzo-2001

0 Escala 1:179,187 8.78 km



Proyección: UTM  
Zona UTM : 14  
Elipsoide: CLARK 1886  
Datum: NAD27

### SIMBOLOGÍA

al	aluvión	cz	caliza	Tb	Toba
ar	arenisca	cz-cg	caliza-conglomerado	Tb-R	Toba-Riolita
ar-lm	arenisca-limolita	cz-lu	caliza-lutita	—	Carretera
ar-lu	arenisca-lutita	lu	lutita	.....	Terracería
B	Basalto	R	Riolita	●	Zona Urbana
cg-ar	conglomerado arenisca	R-A	Riolita-Andesita		

Mapa 6. Litología superficial, Alto Mezquital, Hidalgo.



20°41' 20°30' 99°20' 99°00'

<h3>REGIONALIZACIÓN ECOLÓGICA DEL ALTO MEZQUITAL, HIDALGO (SISTEMAS ECOGEOGRÁFICOS)</h3>		<h3>SIMBOLOGÍA</h3>	
<p>FES IZTACALA LAB. EDAFOLOGIA UBIPRO Hernández, Moreno Mayra Marzo-2001</p>		<p>Provincia Karst Huasteco      Provincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo</p>	
		<p><b>AF</b> Agua Florida</p> <p><b>AFH</b> Agua Hedionda</p> <p><b>ESM</b> El Sauz Sierra</p> <p><b>ESV</b> El Sauz Valle</p> <p><b>SJZ</b> Sierra Juárez</p>	<p><b>C-D</b> Cardonal-Dexthi</p> <p><b>I-A</b> Ixmiquilpan-Alfajayucan</p> <p><b>S-J</b> San Juanico</p> <p><b>Z</b> Zimapán</p>
<p>Escala 1:179,187      8.78 km</p>		<p>Proyección: UTM Zona UTM : 14 Elipsoide: CLARK 1886 Datum: NAD27</p>	
<p>N</p>		<p>— Carretera      ..... Terracería      ● Zona Urbana</p>	

Mapa 7. Regionalización Ecológica del Alto Mezquital, Hidalgo. (Sistemas Ecogeográficos -SEDESOL,1993)