



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

TESIS PROFESIONAL

**“LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO SEMIDETALLADO
DE LA PORCIÓN SUROESTE DEL VALLE DE
ZAPOTITLÁN SALINAS, PUEBLA”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

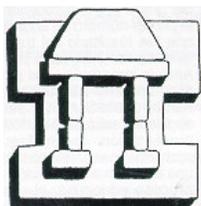
P R E S E N T A:

MIRIAM SANTILLÁN HERNÁNDEZ

DIRECTOR DE TESIS: M. en C. DANIEL J. MUÑOZ INIESTRA

LOS REYES IZTACALA, TLALNEPANTLA, ESTADO DE MEXICO

Septiembre, 2003





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.

DEDICATORIA

A mi madre por todo su apoyo, sus consejos, regaños y su cariño porque se que siempre estas dispuesta a apoyarme en mis decisiones; muchisimas gracias por permitirme llegar hasta aquí. Te amo con el amor más limpio y puro que pueda existir.

A mi padre por ser una gran persona y por estar siempre conmigo. Te quiero muchisimo.

A mi hermano Rodolfo con mucho cariño y admiración.

A mis hermanos y hermanas por apoyarme y estar conmigo siempre que he necesitado de ustedes, los quiero mucho a todos.

A todas esas personitas que forman parte de mi vida espero que este trabajo les sirva de estimulo para seguir adelante (Gabi, Uli, Pao, Manolo, Omar, Uri, Viki, Mena, Yusu, Dani).

A cada una de las personas que integran mi familia porque se que siempre están dispuestas a poyarme.

A Norma Reyes y Norma Bernal por estar conmigo siempre que he necesitado de una amiga, por sus consejos y por levantarme el ánimo siempre y por todos los buenos y malos momentos.

A Elizabeth, Martha Santiago, Teresa Campo Verde, Jesús Duplancer, Lalo, a mi gran amigo Israel al cual espero volver a ver algún día y a mi gran equipo Marcos a todos ellos muchisimas gracias por permitirme conocerlos y compartir con ustedes un poco de su tiempo.

A todas las personas con las que he compartido momentos muy gratos.

AGRADECIMIENTOS

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO y a la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por abrirme sus puertas y por permitirme utilizar sus instalaciones durante mi estancia en la máxima casa de estudios.

A todos aquellos maestros que me permitieron escribir y comprender mis primeras letras así como a todos aquellos que se involucraron en mi formación como Biólogo y me permitieron adentrarme en los misterios y la complejidad de la vida.

Al M. en C. Daniel Muñoz Iniestra por haber aceptado dirigir este trabajo, por su paciencia, por haber despejado mis dudas durante la realización del mismo, por introducirme en la ciencia del suelo y por ser una gran persona y todo un profesional.

Al M. en C. Francisco López Galindo (Panchito) por haber aceptado revisar este trabajo, por el apoyo prestado durante la realización del mismo y por ser una gran persona y gran maestro de la UNAM.

A la Bióloga Mayra Mónica Hernández por todo el apoyo y tiempo prestado durante la realización de esta tesis, por ser la neta en el laboratorio y porque siempre estas dispuesta a apoyar a todos los chavos de edafología.

Muchísimas gracias Mayra porque siempre que necesite un poco de tu tiempo y tus conocimientos ahí estuviste.

Al Biólogo Alfonso Soler por apoyarme siempre que necesite de tu tiempo y por despejar las dudas que se presentaron en la realización del trabajo de tesis y porque siempre estas dispuesto a apoyar a todos los chavos de edafología.

A los profesores que aceptaron revisar este trabajo, a la Bióloga María del Rosario Barajas, al Biólogo Arnulfo Mata y al Doctor Rafael Lira por el tiempo que se tomaron en revisarlo y por sus valiosísimas sugerencias. }

Muchas gracias.

INDICE

	Página
1 Introducción	1
2 Objetivos	2
3 Revisión bibliográfica	3
3.1 Marco teórico	3
3.1.1 El suelo	3
3.1.2 Suelos de climas secos	4
3.1.3 Clasificación de suelos	5
3.1.4 Levantamiento de suelos	6
3.2 Antecedentes	7
4 Área de estudio	9
4.1 Localización	9
4.2 Clima	9
4.3 Fisiografía	9
4.4 Geología	10
4.5 Hidrología	10
4.6 Suelos	10
4.7 Vegetación	11
5 Metodología	14
6 Resultados	16
6.1 Generalidades	16

6.2	Descripción de las unidades de suelo identificadas	18
6.2.1	Grupo mayor Leptosol (Lp)	18
6.2.2	Grupo mayor Regosol (RG)	27
6.2.3	Grupo mayor Fluvisol (FL)	33
6.2.4	Grupo mayor Feozem (FH)	37
7	Discusión	45
8	Conclusión	49
9	Bibliografía	50
10	Anexo	54

INDICE DE FIGURAS

Figura:	Página
1. Área de estudio	12
2. Área de estudio y principales rasgos topográficos	13
3. Perfil representativo de la unidad Leptosol lítico	23
4. Panorámica de la unidad Leptosol lítico	24
5. Perfil representativo de la unidad Leptosol réndzico	25
6. Panorámica de la unidad Leptosol réndzico	26
7. Perfil representativo de la unidad Regosol calcárico	31
8. Panorámica de la vegetación asociada a Leptosoles y Regosoles	32
9. Perfil representativo de la unidad Fluvisol calcárico	36
10. Perfil representativo de la unidad Feozem calcárico	40
11. Panorámica de la unidad Feozem calcárico	41
12. Mapa edafológico de la zona de estudio	42
13. Perfil Topoedafológico S-N	43
14. Perfil Topoedafológico W-E	44

INDICE DE CUADROS Y ESQUEMAS

Cuadros:	Página
1. Superficie ocupada por cada unidad y asociación edáfica	17
2. Propiedades físicas y químicas de Leptosoles líticos	20
3. Propiedades físicas y químicas de Leptosoles réndzicos	21
4. Propiedades físicas y químicas de Regosoles calcáricos	29
5. Propiedades físicas y químicas de Regosoles eútricos	29
6. Propiedades físicas y químicas de Fluvisoles calcáricos	34
7. Propiedades físicas y químicas del Feozem calcárico	36

RESUMEN

La importancia de conocer la distribución y los tipos de suelo en un área o región determinada nos lleva a formular programas más exitosos y útiles para fines específicos; en México los suelos son diversos cada uno con características propias y con potencialidades específicas; por ello es importante la realización de estudios que permitan conocerlos, caracterizarlos y ubicarlos en un espacio geográfico determinado. Actualmente una de las herramientas más usadas y útiles para este fin son los levantamientos edafológicos, los cuales se basan en el estudio del terreno y del perfil del suelo. En el presente trabajo se realizó la descripción de los suelos de la parte suroeste del valle de Zapotitlán Salinas, Puebla, aplicando la metodología del levantamiento edafológico, la cual a su vez se apoya en la interpretación de fotografías aéreas combinada con una intensidad de muestreo adecuada. El estudio se inició con la búsqueda de información bibliográfica referente a la geología, hidrología, geomorfología y vegetación etc; posteriormente, se hizo una interpretación preliminar sobre fotografías aéreas, en las que se delimitaron áreas más o menos homogéneas en cuanto a geología, geomorfología y vegetación, sobre estas se ubicaron los puntos de muestreo. En campo se localizaron y abrieron perfiles los cuales fueron descritos en su morfología caracterizando los horizontes en cuanto a su color, textura, estructura, consistencia etc; se tomaron las muestras de cada horizonte y los datos del medio físico; las muestras se procesaron en laboratorio; posteriormente los datos se analizaron e interpretaron y correlacionaron con los datos, morfológicos, físicos, químicos y ambientales de cada perfil de suelo, logrando con esto su identificación y clasificación utilizando las claves de la FAO-UNESCO (1994). Se obtuvieron cuatro Grupos Mayores de suelos Leptosol, Regosol, Fluvisol y Feozem y seis Unidades Leptosol lítico, Leptosol réndzico, Regosol éutrico, Regosol calcárico y Feozem calcárico. La mayoría son suelos jóvenes, someros y de origen calcáreo, muy pedregosos y de aptitud agrícola y pecuaria baja como resultado de las condiciones climáticas, profundidad y condiciones de relieve al que se asocian. Los Leptosoles y Regosoles son los más ampliamente distribuidos en el área y los que ocupan mayor superficie, se les encuentra formando asociaciones con otras unidades de suelo, se desarrollaron sobre geoformas como planicies lomas, mesas y laderas. Finalmente se realizó una fotointerpretación final para delimitar el área ocupada por cada unidad edáfica generándose con esto el mapa de suelos de la zona con la ayuda de un sistema de información geográfica ILWIS versión 2.3.

1. INTRODUCCION.

Contar con información suficiente y confiable de los recursos naturales a diversos grados de detalle, se ha convertido en una necesidad (INEGI, 1990); debido principalmente a que el deterioro de los mismos es cada vez más grave, entre otras razones a causa del acelerado crecimiento de la población y a la falta de conocimiento que sobre ellos se tiene, lo que en la actualidad nos ha llevado a utilizarlos de manera intensiva y con frecuencia de forma inadecuada; tal es el caso del recurso **suelo** que durante mucho tiempo se ha utilizado de manera intensiva para la obtención de alimentos a través de prácticas como la agricultura o para la obtención de otros satisfactores demandados por la creciente población humana.

Las prácticas equivocadas utilizadas en los sistemas agrícolas, ganaderos y forestales tales como sobrepastoreo, las quemas, tala desmedida, sobreexplotación de la tierra, han desencadenado un conjunto de procesos degradativos que han impactado severamente a los suelos del planeta, disminuyendo su calidad y cantidad, (Díaz de León, 1992). Este fenómeno conocido como desertificación, constituye un proceso generalizado de deterioro de la tierra que afecta la regulación del ciclo hidrológico y actúa como amortiguador de los cambios climáticos promovido por la estabilidad del suelo y la permanencia de la vegetación; además el suelo ha desempeñado un papel muy importante desde antiguas civilizaciones hasta la actualidad al ser la base del desarrollo económico y social al ser la principal fuente productora de alimentos (Becerra, 1999).

Para poder prevenir, conservar, restaurar y administrar adecuadamente los suelos del país, es necesario primero conocerlos y evaluarlos, no se puede administrar lo que no se conoce, desgraciadamente en México los estudios de suelos están muy rezagados, algunos son muy generales, otros muy antiguos y a veces no existen (Muñoz, 1999). El conocimiento que sobre los suelos se tiene es escaso, por ello es importante realizar estudios que permitan a largo plazo la conservación y el uso sustentable de manera que las tierras sigan siendo productivas aun después de muchos años.

De aquí es que surge la necesidad de tomar medidas efectivas que eviten su desaparición promuevan su recuperación y conservación parcial o total y su posible uso sostenido. Sin embargo para lograrlo, es necesario conocer que clase de suelos tenemos, cómo se distribuyen, que atributos tienen y que riesgos presentan ante el uso que se les da. Para esto, es necesario realizar estudios más detallados que permitan hacer predicciones sobre el comportamiento de los suelos.

Los levantamientos de suelos son la herramienta metodológica más adecuada para estudiar y describir sistemáticamente al recurso suelo, ya que tienen por objeto el mostrar las características de los diferentes suelos de un área específica y su relación con otros factores, físicos y culturales del paisaje y su distribución geográfica (Ortiz-Solorio y Cuanalo 1981), al mismo tiempo que permite hacer una clasificación de acuerdo a sus semejanzas o diferencias.

El presente trabajo pretende ser una aportación al conocimiento de los suelos del valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, conocido por su gran riqueza biológica, misma que no pudo ser explicada en su totalidad, por la carencia de información del ambiente físico y muy particularmente de los suelos. Asimismo, el trabajo esta encaminado para

que sirva de apoyo a la realización de estudios más especializados sobre el conocimiento de los suelos y que conlleven a mejores prácticas de manejo y conservación.

2. OBJETIVOS

Objetivo General

- Identificar, describir y cartografiar los suelos de la porción Suroeste del Valle de Zapotitlán Salinas Puebla, de acuerdo al criterio FAO-UNESCO 1994.

Objetivos Específicos

- Describir las características morfológicas y propiedades físicas y químicas de los suelos.

- Elaborar el mapa de suelos a una escala de 1: 50 000 con la ayuda de un sistema de información geográfica ILWIS versión 2.3.

- Reconocer los principales problemas actuales y potenciales relacionados con el uso del suelo.

3. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

3.1 Marco Teórico

3.1.1 El suelo.

El suelo es considerado como un cuerpo natural, dinámico que cambia constantemente a través del tiempo por efecto de las condiciones ambientales que inciden sobre las rocas y materia biológica adicionada y que se encuentra condicionado por el efecto del relieve y el material geológico, contiene materia viva y es capaz de sostener plantas, tiene un límite inferior que se extiende hasta donde llegan las raíces de las plantas y un límite superior que termina donde llega la atmósfera. (Ortiz-Solorio y Cuanalo 1981).

La unidad de estudio y observación del suelo es el perfil, que no es más que una exposición vertical de la corteza terrestre hasta el límite de profundidad de las raíces de las plantas nativas o hasta la profundidad donde el material geológico se encuentra transformado u oxidado. (Ortiz-Solorio y Cuanalo 1981).

El perfil del suelo consta de varias capas denominadas horizontes que se designan universalmente con las letras O, A, E, B y C. El horizonte O es de composición orgánica, no se presenta en todos los suelos; el A es mineral, no obstante se caracteriza por una alta actividad biológica y acumulación de materia orgánica en diferentes grados de descomposición; el horizonte E es considerado como un horizonte de pérdida, de color claro, con bajo contenido de materia orgánica, sin elementos coloidales (arcillas, óxidos, humus); el horizonte B es una capa de acumulación de materiales coloidales, es donde tiene lugar la iluviación de los óxidos de hierro, aluminio, arcillas, humus, sílice solos o en combinaciones; por debajo se encuentra el horizonte C constituido de material relativamente poco alterado que es una capa mineral excluyendo a la roca basal que puede o no ser el material de origen de los horizontes suprayacentes, relativamente poco afectado por los procesos pedogenéticos (Ortiz-Solorio y Cuanalo 1981). Algunos autores consideran a los horizontes A y B como el verdadero solum o suelo, por que es donde se reflejan más la acción de los procesos pedogenéticos. (Aguilera, 1989).

El suelo es un cuerpo natural individual e independiente, formado por procesos propios, su desarrollo se encuentra condicionado por varios factores que actúan e interactúan con distinta intensidad provocando cambios que conducen a la diferenciación de los horizontes y el consiguiente desarrollo del perfil, dichos factores son: la roca parental, el clima, los organismos, el relieve y el tiempo. La influencia de cada uno de ellos se manifiesta en las características físicas, químicas y morfológicas que presenta; es así que el material geológico es alterado y transformado por la acción del clima y los organismos que le van proporcionando al suelo su diferenciación morfológica y sus propiedades distintivas en composición química y mineralógica (Firtzpatrick, 1984).

Particularmente, el clima a través de sus dos componentes la temperatura y la humedad regulan la tasa y tipo de formación de los suelos, a través de la meteorización química y física de la roca afectando la velocidad de las reacciones químicas en el suelo (a mayor temperatura mayor velocidad de reacción), a elevadas temperaturas se acelera la putrefacción y la pérdida de materia orgánica, por su parte la lluvia actúa promoviendo el desplazamiento de sustancias a través del suelo. La topografía influye en la evolución del suelo afectando principalmente la cantidad de agua que puede ser retenida y

acelerando la velocidad de eliminación del suelo por erosión, lo que a su vez afecta la lixiviación y limita las reacciones químicas.

Finalmente la actividad biológica juega un papel importante ya que proporciona la materia orgánica que es incorporada al suelo gracias a insectos y organismos superiores y descompuesta por hongos y bacterias, al mismo tiempo actúan en el intemperismo bioquímico a través de la disgregación de las rocas por las raíces de las plantas, modifica la estructura e interviene en la regulación del pH (Firtzpatrick, 1984).

3.1.2 Suelos de climas secos.

Los ambientes áridos y semiáridos se encuentran determinados por su posición latitudinal, los efectos orográficos, su posición en el continente y las corrientes frías del océano (Skjins, 1991); por causas relacionadas con el patrón general de la circulación de la atmósfera a nivel mundial se genera una franja de aridez entre los 25 y 35 grados de latitud. La aridez es común en el norte y sur de América; que es provocada por un ascenso del aire caliente que hace descender al aire frío, al ascender este aire caliente se expande y se enfría, reteniendo mayor cantidad de humedad que al elevarse pierde su humedad en forma de lluvia o de nieve; el aire que es más cálido a lo largo del ecuador se eleva creando una zona de baja presión que atrae aire desde el norte y sur del ecuador. A medida que el aire ecuatorial asciende, se enfría y pierde la mayor parte de su humedad cayendo aproximadamente entre estas latitudes donde se localizan la mayor parte de las zonas áridas (Curtis, 1992).

En México los ecosistemas áridos ocupan alrededor de un 60% del territorio nacional y constituyen los sistemas que dominan el escenario ambiental del país, tales condiciones áridas son importantes especialmente la falta de agua y factores físicos como la temperatura y la radiación dado su impacto en los organismos y el suelo (Valiente-Banuet *et al.*, 1995).

Específicamente los suelos de zonas áridas y semiáridas exhiben poco desarrollo morfológico, en su mayoría se encuentran desprovistos de humus, presentan una débil alteración química de los materiales, en ellos los procesos de disgregación física son más activos, debido a las variaciones bruscas de humedad y temperatura, generalmente carecen de estructura muy desarrollada, son calcáreos o de naturaleza salina (Duchafour, 1984). Debido a la alta evaporación que supera a la precipitación tienden a formar una capa de acumulación de carbonatos o caliche formando a veces una superficie en forma de costra yeso- calcárea, la falta de lixiviación generalmente deja a los perfiles con un alto contenido de bases que al mezclarse con los carbonatos y el humus tienden a formar compuestos conocidos como humatos de calcio (Fanning, 1984); se encuentran formados en su mayoría por minerales primarios como los silicatos, las reacciones físicas y químicas que se desarrollan en estos suelos son las mismas que se presentan en suelos de zonas húmedas pero dada la cantidad limitada de agua estas reacciones son menos intensas, originando que la mayoría de estos suelos hereden gran parte de su morfología de los materiales originales (Buol *et al.*, 1981).

3.1.3 Clasificación de suelos.

Dokuchaev (1880 en (Cuanalo de la Cerda y Ortiz-Solorio 1993) originario de Rusia es considerado como el padre de la ciencia del suelo, estudio los suelos de Rusia y presento la primera clasificación científica, publica en 1883 un reporte sobre los Chernozems donde aplica principios morfológicos para el estudio de los suelos y propone que el suelo es un cuerpo natural con características propias y condicionado por el efecto y la acción combinada de varios factores: el clima, la vegetación, topografía, la roca parental y el tiempo; estos conceptos constituyen los cimientos de la edafología. La ciencia del suelo siguió su desarrollo y V. R. Williams (1863-1939), propone el concepto de la génesis de los suelos como un proceso biológico, más que un proceso geológico, enfatizando la circulación de nutrientes. En 1912 Gedroiz introdujo el concepto de catión intercambiable en suelos (León, 1991) estos conocimientos generados son los que constituyeron los cimientos de la edafología y clasificación.

Actualmente existe una fuerte tendencia a utilizar dos clasificaciones que pueden ser calificadas como internacionales, estas son Soil Taxonomy presentada por Soil Survey y Staff de los Estados Unidos y la desarrollada por la FAO/UNESCO para la obtención de un mapa de suelos a nivel mundial; se trata de clasificaciones que utilizan como propiedades del suelo medibles cuantitativamente (en el campo o en el laboratorio), estas clasificaciones evitan al máximo la subjetividad al utilizar siempre propiedades que pueden ser cuantificadas, no se emplean los criterios cualitativos, tan utilizados en clasificaciones anteriores, por lo que los criterios utilizados con anterioridad tales como “alto” contenido en materia orgánica, “pobres” en bases, pasan a ser sustituidos por el porcentaje en materia orgánica, grado de saturación, etc; otra de las ventajas es que se clasifica tanto a suelos vírgenes como agrícolas (Cuanalo de la Cerda y Ortiz-Solorio 1993).

Clasificación FAO-UNESCO

El sistema de clasificación propuesto por la FAO-UNESCO fue un proyecto emprendido por la sociedad internacional de la ciencia del suelo, con la finalidad de elaborar un mapa mundial de suelos que abarcara todos los continentes del mundo con una leyenda uniforme, pretendiendo la correlación de unidades de suelos y su comparación a escala mundial. Los principales objetivos incluyeron realizar una primera evaluación de los recursos de todo el mundo y tener una base científica para transferir la información de determinadas zonas a otras con medio ambiente análogo, promover el establecimiento de un sistema de clasificación de suelos y de una nomenclatura de aceptación general, establecer una estructura común para investigaciones más detalladas en la zona en desarrollo, servir de documento básico para actividades educacionales de investigación y desarrollo e intensificar los contactos internacionales en el sector edafológico (FAO-UNESCO 1976 en Ordaz 1986).

El sistema de clasificación FAO-UNESCO utiliza solo dos categorías, el grupo mayor y la unidad. Los grupos fueron seleccionados de acuerdo a los principales procesos pedogenéticos que han producido las características del suelo, excepto cuando el material parental ha sido el de mayor importancia; las unidades fueron seleccionadas basándose en los principales procesos secundarios que han afectado de manera significativa las características primarias del suelo (FAO, 1994); cabe mencionar que este sistema a diferencia del norteamericano, no considera al clima del suelo, a través

del régimen de humedad y temperatura (Ortiz-Solorio *et al.*, 1994); además los mapas elaborados por la FAO/UNESCO abarcan países en vías de desarrollo, en los que resulta difícil poder disponer de información acerca del régimen de humedad y de temperatura del suelo (Porta, 1994). Es un sistema muy útil para estudios no muy detallados de suelos; más que un sistema taxonómico es una leyenda para definir las clases de suelos del mapa mundial escala 1:5 000 000, este sistema ha tenido una amplia aceptación y se pretende que sea el mecanismo de comunicación y entendimiento entre los científicos de la ciencia del suelo de todo el mundo.

3.1.4 Levantamiento de suelos

Es una metodología que se emplea para estudiar y describir sistemáticamente el suelo de una zona o región determinada, y establecer su relación con los factores físicos y culturales del paisaje y su distribución geográfica. El método toma en cuenta las características externas e internas del suelo; los aspectos externos se relacionan con el paisaje y los internos con el perfil del suelo; así mismo se encuentra fundamentada por una parte en el análisis fisiográfico, el cual se basa en la relación existente entre geomorfología-suelos, y por otra, en el estudio de la génesis de los suelos y la clasificación taxonómica de los mismos (Moreno, 1989). Actualmente es el procedimiento más rápido y preciso de que se dispone para hacer predicciones acerca del comportamiento de los suelos bajo diferentes usos y niveles de manejo.

La utilidad de los levantamientos es diversa, se utilizan entre otras cosas para: la planeación de la investigación agrícola, determinación de la distribución potencial de cultivos, adaptabilidad de cultivos individuales y prácticas de manejo de los suelos, planeación de trabajos de ingeniería, para definir programas de ordenamiento ecológico, correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a cultivos, predecir el comportamiento bajo diferentes sistemas de manejo, clasificar los suelos dentro de series definidas y otras unidades, establecer y mapear los linderos entre las clases de suelo existente, así como determinar las características importantes del medio edáfico (Moreno, 1989). Existen varios tipos de levantamiento de suelos; su utilización está en función de los objetivos de estudio.

Levantamientos de reconocimiento (de intensidad baja) utilizan escalas pequeñas que pueden cubrir regiones completas; su escala varía de 1:500 000 a 1:100 000, siendo la más usual 1:250 000. Para su realización se emplea la interpretación de imágenes de satélite y cartografía temática.

Levantamientos semidetallados (de intensidad media), cubren un amplio intervalo de escalas de 1:100 000 a 1:30 000 la más común es de 1:50 000. El levantamiento se realiza por interpretación de fotografías aéreas combinada con trabajo de campo.

Levantamientos detallados (de intensidad alta), sus escalas varían de 1:25 000 a 1:10 000, son producidos principalmente por trabajo de campo.

Levantamientos intensivos (de intensidad muy alta, sus escalas son mayores a 1:10 000, son a nivel parcelario, para hacerlos se necesita un gran número de observaciones de campo distribuidas en forma sistemática. Dentro de este tipo de levantamientos se ubican, inclusive a los mapas paramétricos de propiedades individuales de suelos

(Ortiz-Solorio y Cuanalo 1981).

3.2 ANTECEDENTES

Como ya se ha señalado la información edáfica del Valle de Zapotitlán Puebla es muy limitada, los antecedentes más antiguos son de Aguilera (1970), quien reporta la presencia de suelos salinos, yesíferos y calcáreos para el Valle de Tehuacán. La SARH a través de la Comisión del Papaloapan en 1977 elabora una carta de suelos de la región escala 1: 2 000 000, donde se señala que la unidad de suelo dominante en Zapotitlán es el Andosol ócrico.

El INEGI en 1983 edita la carta edafológica (Orizaba E14-6), escala 1:250 000, en ella se reportan suelos de tipo Vertisol pélico, Rendzina, Litosoles y Regosoles calcáricos.

Recientemente, García (2001), realizó un levantamiento edafológico detallado del Sistema de Terrazas aluviales del Río Zapotitlán, identificando a los Regosoles y Fluvisoles calcáricos como unidades dominantes. También identificó dos series la primera denominada Zapotitlán constituida por suelos pardo grisáceos, textura franco arcillosa y limosa, muy ricos en carbonatos, la segunda es la serie Granjas, con suelos pardos, arenosos y ricos en óxidos de hierro.

Rivas, R. A (2003) hace el levantamiento de suelos de la porción norte del Valle de Zapotitlán, señalando la presencia de suelos de tipo Regosol calcárico, Feozem calcárico y Leptosol réndzico y lítico.

Dada la importancia que tiene Zapotitlán Salinas desde el punto de vista geológico, botánico, paleontológico y ecológico, ha sido una zona muy estudiada, se reportan diversas investigaciones entre las que destacan las siguientes:

Zavala, H. J (1980) presenta su trabajo titulado Ecología de la vegetación del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla, donde presenta una clasificación y caracterización de la vegetación.

Jaramillo, L. V y González (1983) reporta el trabajo Análisis de la Vegetación Arbórea en la Provincia Florística de Tehuacán-Cuicatlán, en el que hace un análisis de la vegetación arbórea mediante la aplicación de técnicas de análisis multivariado a lo largo de un gradiente altitudinal.

Osorio, B. O. *et al* (1996) presentan un trabajo que lleva por nombre Tipos de Vegetación y Diversidad Beta en el Valle de Zapotitlán de las Salinas; en él describen los principales tipos de vegetación en gradientes altitudinales en el cerro Cutác y sus alrededores, haciendo énfasis en la distribución diferencial tanto de comunidades como de las especies.

Villaseñor J. S. *et al* (1990) presenta un trabajo de Fitogeografía del Valle de Tehuacán-Cuicatlán, donde analiza la flora desde el punto de vista de sus afinidades geográfico-climáticas y de sus relaciones florísticas con otras regiones geográficas.

García, O. F. (1991) publica el trabajo Influencia de la dinámica del paisaje en la

distribución de las comunidades vegetales en la Cuenca del Río Zapotitlán. En este trabajo se presenta la influencia de la dinámica del relieve y como es que este influye en la distribución de las comunidades vegetales.

Valiente-Banuet A. (1991) reporta su trabajo Patrones de precipitación en el Valle Semiárido de Tehuacán, Puebla; en él evaluó la variación espacial de los patrones de lluvia para la zona.

Ramírez, H. A (1996) presenta un estudio sobre la Flora Medicinal de Zapotitlán; cuyo objetivo principal fue inventariar la flora manejada por los curanderos, así como registrar sus usos y prácticas terapéuticas; en relación a los estudios etnobotánicos se ha contribuido más en la actualidad, tales son los trabajos de Casas, *et al* (2001) en el que reporta formas y uso en el manejo de los recursos vegetales, así mismo Paredes (2001) hace una contribución a través de la importancia de la flora útil de Zapotitlán dando a conocer la importancia que tienen los recursos vegetales para los habitantes de la zona; y de acuerdo a esto realiza un inventario de la flora utilizada por los habitantes.

Neri G. D. M. C (2000) realizó el trabajo que lleva por nombre Caracterización Hidrológica de la Subcuenca Baja del Río de Zapotitlán, Puebla; donde presenta un estudio general de la hidrología superficial.

Oliveros, G. O. (2000) Realiza la descripción de las comunidades vegetales de las terrazas aluviales del Río Salado en Zapotitlán de las Salinas, Puebla.

Valiente-Banuet. A *et al* (2000) realizan estudio de la vegetación del Valle de Tehuacán Cuicatlán donde describen y clasifican asociaciones vegetales de acuerdo a criterios fisonómicos y estructurales.

7 Metodología.

La metodología utilizada en el presente estudio fue la propuesta por Ortíz-Solorio y Cuanalo de la Cerda (1981), que es la metodología clásica que se utiliza para los levantamientos edafológicos en México. Es conveniente aclarar que este trabajo, fue de tipo observacional ya que solamente se observó y analizó la ocurrencia de los suelos en el área de estudio; fue de tipo descriptivo ya que se describieron las principales características y propiedades físicas y químicas de los suelos, fue prospectivo ya que toda la información generada se obtuvo directamente por la autora en el campo y en el laboratorio, por último fue semidetallado por la densidad de muestreo y la escala de trabajo y de representación cartográfica.

Primera etapa

Consistió en la recopilación de material bibliográfico, tanto general como específico de la zona de estudio, a partir de la que se estableció la caracterización del área, sobre la carta topográfica Tehuacán escala 1:50 000 editada por el INEGI, se ubicaron las vías de acceso a el área.

Segunda etapa

Se ubicaron los puntos de muestreo para lo cual se realizo una fotointerpretación preliminar sobre fotografías aéreas blanco y negro escala 1:75 000, los puntos se eligieron tomando como base la regionalización fisiográfica y de formaciones geológicas realizado por Barrera (2001). Cada unidad así delimitada fue representada por dos o tres puntos de muestreo.

Se realizaron las visitas al campo y fueron localizados los puntos de muestreo; realizando la apertura de perfiles edáficos, mismos que se describieron en cuanto a su morfología reconociendo los distintos horizontes y subhorizontes y caracterizándolos en cuanto a su color, compactación, estructura, textura, consistencia, adhesividad y plasticidad, contenido de raíces, presencia de intrusiones y concreciones, de acuerdo a Aguilera (1989). Las muestras fueron tomadas de cada horizonte del fondo hacia arriba, tomando la misma cantidad y depositándolas en bolsas de plástico debidamente etiquetadas. Por último, se tomaron los datos ambientales de cada sitio que incluyó: localización (GPS), altitud (GPS), geomorfología, pendiente (clisímetro), drenaje superficial, material parental, flora y uso del suelo.

Tercera etapa

Se realizaron los análisis físicos y químicos de las muestras, mediante las técnicas tomadas del Manual de métodos de análisis de suelos (Muñoz *et all.*, 2000); entre las propiedades físicas se determinó el color por la técnica internacional de comparación con tablas de Munsell, textura por la técnica del hidrómetro (desarrollada por Bouyucos, 1962), estructura por el método cualitativo (adaptado por Cuanalo 1981), la densidad aparente se determinó por el método volumétrico (Baver 1963) y la densidad real por el método del picnómetro tomado de Aguilera (1980), porosidad por medio del cálculo matemático utilizando los valores de las densidades; entre las propiedades químicas se determinó el pH directamente en el potenciómetro, utilizando una relación de suelo/agua de 1:2.5 (técnica desarrollada por Bates, 1954; Wildard, Merrit y Dean,

1958), materia orgánica por el método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico (desarrollado por Walkley y Black, 1947), capacidad de intercambio catiónico total por el método volumétrico del versenato (desarrollado por Schollenberger y Simon, 1945), fósforo se determinó por el método de Olsen, calcio y magnesio intercambiable por el método volumétrico del versenato (desarrollado por Cheng y Bray, 1951; Cheng y Kurtz, 1960), potasio y sodio intercambiable por el método del espectrofotómetro de flama (desarrollado por el U.S: Salinity laboratory Staff, 1954) y carbonatos por el método gasométrico (desarrollado por Magistad, 1945).

Cuarta etapa

Finalmente se analizaron e interpretaron los datos físico- químicos correlacionándolos con los datos, morfológicos y ambientales de cada perfil de suelo, logrando con esto su identificación y clasificación utilizando las claves de la FAO (1994). La información procesada se vació simultáneamente a las fotografías aéreas y al mapa topográfico base (escala 1:50 000), donde se correlacionó y reinterpreto para trazar los límites definitivos entre las unidades de suelo identificadas. Después se elaboró una base de datos en el programa Excel, donde se vaciaron todos los datos de cada perfil. Finalmente se elaboró el mapa edafológico a través de un sistema de información geográfica (SIG) ILWIS versión 3.2.

6 RESULTADOS

6.1 Generalidades

Los suelos son elementos naturales cuyo patrón de distribución está correlacionado y determinado por la participación de otros elementos del medio, particularmente la geología a través de la influencia litológica y mineralógica que repercute directamente en las propiedades físicas y químicas del suelo, así como de la estructura geológica que controla la configuración y evolución de las formas del relieve. Otro elemento consecuencia del anterior es la geomorfología, que junto con el suelo forma una asociación muy íntima al favorecer o limitar los procesos pedogenéticos, creando condiciones de estabilidad o inestabilidad que repercuten directamente en el desarrollo de los perfiles edáficos y en el establecimiento de las comunidades bióticas. Esta comunión de factores físicos y biológicos determina que la distribución de los suelos en un área no sea un evento azaroso, sino que depende de la acción de los factores antes mencionados, es así que la ocurrencia y distribución de los suelos se encuentra en estrecha relación con la variación climática y geomorfológica, formando así unidades naturales que Kilian (1972), denominó como unidades morfoedafológicas. La geomorfología y la edafología están muy vinculadas por la sencilla razón que ambas están influenciadas por los mismos factores.

La zona estudiada resultó ser muy compleja, por la sencilla razón de ser un área con una historia muy antigua y dinámica, donde han ocurrido múltiples cambios desde su formación hasta la actualidad. Es un sitio de origen endógeno tectónico formado desde el Triásico tardío, donde de acuerdo con Barcelo, (1978 en Barrera 2001), se empezaron a formar las primeras rocas calizas marinas, posteriormente a fines del Cretácico y principios del Terciario, se dio la gran orogénesis a través del plegamiento de las rocas previamente formadas, esto también desencadenó fuertes procesos erosivos, que dio origen a formas exógenas secundarias como pie de montes, terrazas y abanicos aluviales. Es así que la complejidad geológica, geomorfológica y de la vegetación ha repercutido también en la complejidad edáfica del área; la distribución de los suelos y la forma como ha influido en su desarrollo el tipo de vegetación, material parental y relieve puede observarse en la fig 13 y 14.

De acuerdo a los resultados obtenidos por el levantamiento edafológico realizado, se reconocieron según el sistema de clasificación FAO-UNESCO (1994) cuatro grupos mayores Leptosol, Regosol, Fluvisol y Feozem y seis unidades de suelos Leptosol lítico, Leptosol réndzico, Regosol eútrico, Regosol calcárico, Fluvisol calcárico y Feozem calcárico, las cuales quedaron representadas cartográficamente como unidades independientes y asociaciones de suelo, (véase mapa de suelos).

El área en hectáreas y en porcentaje ocupado por cada unidad y asociación de suelos; obsérvese que la asociación formada por Regosoles calcáricos y leptosoles líticos ocupan la mayor superficie.

6.2 Descripción de las unidades de suelo identificadas en la zona de estudio.

6.2.1 Grupo Mayor Leptosol (LP)

Unidad Leptosol lítico (LPq), Leptosol réndzico (LPk)

6.2.1.1 Definición.

Los Leptosoles son suelos que están limitados en profundidad por roca dura continua dentro de los primeros 30 cm del suelo, o se encuentran sobre un material con más del 40% de CaCO₃, o tienen desde la superficie del suelo a una profundidad de 75 cm roca continua con menos del 10 % (por peso) de material fino; no tienen otros horizontes de diagnóstico que un mólico, úmbrico, ócrico o un horizonte vértico (FAO, 1994). Los Leptosoles réndzicos se caracterizan por que tienen un horizonte A mólico que se encuentra situado inmediatamente encima de material calcáreo con un contenido equivalente en carbonato cálcico mayor del 40%; mientras los líticos se reconocen por que tienen un espesor menor a 15 cm.

6.2.1.2 Distribución.

Los Leptosoles líticos presentan una amplia distribución en el área estudiada, normalmente se encuentran relacionados con la presencia de rocas sedimentarias del tipo de las lutitas. Una gran extensión se presenta en el centro del área, en una gran depresión conocida como llano de San Martín, al sur-oeste de Zapotitlán, donde se asocia con suelos de tipo Regosol calcárico y Leptosol réndzico; también se presentan hacia el oriente enfrente de las granjas sobre el macizo montañoso donde sobresalen los cerros Otate y Grande.

Los Leptosoles réndzicos se encuentran asociados con geformas de sierra y cerros, donde el material geológico son calizas. Se distribuyen principalmente hacia el límite sur y sur-oeste de la cuenca de Zapotitlán, sobre una alineación de cerros que definen el parteaguas de la misma cuenca, entre los principales cerros están, el Campanario, Ometepac, la Hierba y el Volcancillo. Existe otra área de menor extensión rumbo al norte, es una loma limitada por la confluencia de las barrancas Grande, Soyalapa, Salinas y Pizarro.

6.2.1.3 Uso actual y tipo de vegetación.

Los Leptosoles en general dada su escasa profundidad, ofrecen serias limitaciones para el desarrollo de la agricultura y la ganadería, si a esto le adicionamos las condiciones desfavorables del relieve y el clima seco, las restricciones aumentan. Es por esto que normalmente se encuentran con vegetación natural de tipo xerófilo. Particularmente los Leptosoles réndzicos que se presentan en el llano de San Martín que sostienen una vegetación de izotal, matorral espinoso y matorral crasicale, donde dominan especies como *Beaucarnea gracilis*, *Prosopis laevigata*, *Agave macrocanta*, *A. marmorata*, *Mimosa lousiana* y *Neobuxbaumia tetetzo*, entre otras.

Los Leptosoles líticos presentan matorral espinoso dominado por *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Pachycereus hollianus* y algunas especies de *Opuntia* sp. El uso que tienen estos suelos se restringe principalmente al pastoreo de ganado bovino y caprino.

6.2.1.4 Geomorfología.

En lo que respecta a los Leptosoles réndzicos, se encuentran principalmente sobre formas elevadas de origen tectónico con estructuras fuertemente plegadas y con modelado erosivo, que definen formas como lomas, cerros y sierras, de cimas redondeadas, cuevas rectas y laderas convexas esparcidoras de agua. En la base de estas formas se pueden encontrar algunos taludes de escombros y piedemontes. Las pendientes de las laderas son regulares con pocas rupturas variando entre el 15 y el 40 %.

La litología está constituida por rocas calizas de la formación geológica San Juan Raya de edad Cretácica que está en discordancia con las formaciones Agua de Burro y Zapotitlán. El área fue un fondo marino que se elevó al plegarse. Dentro de las unidades litológicas representativas presentan secuencias de lutitas y calizas que contienen una muestra paleontológica muy interesante constituida por fauna fósil consistente principalmente por gasterópodos y pelecípodos. El Sistema es la evidencia de la gran actividad tectónica reflejada por las regresiones y transgresiones marinas que sufrió la zona caracterizada por plegamientos (Maldonado, 1956).

6.2.1.5 Descripción morfológica

Leptosoles líticos

Presentan una morfología sencilla con un horizonte A que descansa directamente sobre el material regolítico (detritus lutitas), el espesor máximo es de 15 cm. La mayoría de las propiedades del suelo son heredadas del material parental. Este horizonte A presenta colores en seco que varían entre pardo (10YR5/3), pardo amarillento (10YR 5/4) y pardo pálido (10YR 6/3) y café en húmedo, de textura franco arcillo arenosa a franco arenosa, estructura poliédrica subangular de tamaño fino y medio que se mezcla con la estructura de la roca. La consistencia es friable, ligeramente plástica, adhesivo, con raíces frecuentes de tamaño fino y mediano, con frecuentes fragmentos grandes, medianos y pequeños de roca, la reacción a los carbonatos es violenta. Inmediatamente debajo de esta capa aparece el horizonte C la roca meteorizada y muy fragmentada con detritus pequeños, sin embargo a media que aumenta la profundidad los fragmentos se hacen más grandes y menos alterados hasta llegar a la roca compacta.

Leptosol réndzico

Tienen un horizonte A de tipo mólico con un espesor máximo de 30 cm; es de color pardo (10YR 5/3) en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo (10YR3/2), textura franco arenosa, estructura granular y poliédrica subangular de tamaño pequeño débilmente desarrollada. La consistencia en seco es ligeramente dura y friable en húmedo, es ligeramente adhesivo y ligeramente plástica, con abundantes raíces de tamaño fino y mediano, rico en residuos orgánicos, con abundantes gravas finas, el horizonte presenta una reacción violenta a los carbonatos, es ligeramente compacto y

permeable. Por debajo se encuentra un horizonte C de tipo petrocálcico, con espesor de hasta 25 cm y color blanco (10YR 8/1). Presenta una estructura laminar cementada con carbonato de calcio, muy compacta y dura, con frecuentes raíces finas que penetran entre las grietas del caliche, la reacción a los carbonatos es muy violenta.

6.2.1.7 Génesis.

Leptosoles líticos.

En realidad se consideran como proto-suelos, ya que muchas de sus propiedades son muy similares a las de la roca de la que se deriva, son muy jóvenes, aún sin gran diferenciación morfológica. Es muy probable que esta condición de escasa profundidad que tienen se deba a que se encuentran sobre roca blanda que se erosiona con mucha facilidad, lo que crea condiciones no adecuadas para que el suelo se desarrolle en profundidad y se manifieste la acción de los procesos edafogenéticos. Sin embargo, a medida que se da la nivelación de los lomerios, las condiciones serán más estables y el suelo podrá evolucionar.

Leptosoles réndzicos

No obstante, de ser suelos someros, presentan cierto grado de madurez morfológica que se expresa por la presencia de un horizonte diagnóstico mólico y un petrocálcico. Esto indica que se encuentran en un ambiente que ofrece cierta estabilidad lo que ha favorecido el desarrollo de esta expresión morfológica. La presencia del Leptosol réndzico al igual que el Feozem calcárico con el cual se encuentra fuertemente emparentado, se debe a la combinación de un material muy rico en carbonato de calcio (calizas y margas) y la presencia de un clima con una estacionalidad marcada que regula gradualmente la incorporación de residuos orgánicos, lo que ha permitido la formación de un horizonte mólico. La presencia del horizonte petrocálcico en el subsuelo obedece a la naturaleza calcárea del material parental, que a través de la meteorización libera una gran cantidad de carbonatos primarios y que gracias a las condiciones de un clima seco, permite su concentración y acumulación a través del tiempo formando así estas cretas de carbonato de calcio secundario (calcretas) (Buol *et al.*, 1981).

6.2.1.8 Limitantes productivas y problemática.

Como consecuencia de la escasa profundidad, baja disponibilidad de agua, elevada pedregosidad y en algunos casos la presencia de relieves accidentados, los Leptosoles presentan severas limitaciones para las actividades productivas, pudiendo ser utilizados sólo para la ganadería de cabras a nivel extensivo. Solo en el caso de Leptosoles réndzicos que se encuentren en relieves poco inclinados es factible la práctica de la agricultura de temporal siempre y cuando el suelo no sea muy pedregoso ni tan delgado. En el caso de los líticos, lo más recomendable es mantenerlos con la cobertura de vegetación natural y no intentar utilizarlos para la agricultura la cual tendría poco éxito, por la erosión intensa que tendría el poco suelo expuesto.

6.2.2 Grupo mayor Regosol (RG)

Unidad Regosol calcárico (RGc), Regosol eutríco (RGe)

6.2.2.1 Definición

Son suelos profundos, bien drenados, de textura media, derivados de materiales inconsolidados o recientemente expuestos, es decir formados de regolita donde apenas se deja sentir la influencia de los procesos edafogénicos, tienen la mínima expresión de un horizonte de diagnóstico, presentan propiedades superficiales de un horizonte ócrico o vértico (FAO, 1994). Los Regosoles calcáricos se distinguen básicamente por su alto contenido de carbonato de calcio en todo el perfil, mientras que los Regosoles eútricos tienen una saturación de bases de 50% entre los primeros 20 y 50cm de profundidad a partir de la superficie.

6.2.2.2 Distribución

Los Regosoles al igual que los Leptosoles presentan una amplia distribución en la zona de estudio, se localizan principalmente en el llano de San Martín donde se asocian con Leptosoles líticos, también se localizan sobre unos lomeríos ubicados en el centro del área y que están rodeados por las barrancas Chuchuca, Coahuino y Pizarro. Hacia el sureste de la zona rumbo a Metzontla, al sur desde cerro Quemado, cerro Gavilán, cerro Tabache se localiza otra gran área con Regosoles eútricos derivados de areniscas.

6.2.2.3 Uso actual y Tipo de vegetación.

Parte de la superficie de los Regosoles calcáricos del llano de San Martín se utilizan para la agricultura de temporal de maíz, frijol y calabaza; los rendimientos de los cultivos son bajos como consecuencia de la baja disponibilidad de agua de la elevada pedregosidad del suelo. Sin embargo, la mayor parte del suelo está cubierto por una asociación de matorral crasicaule con espinoso, donde se practica el pastoreo de cabras; entre las especies representativas de la vegetación se encuentran: *Neobuxbamia tetetzo*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia tunicata*, *Opuntia piliphera*, *Agave marmorata*, *Agave sertori*, *Mammillaria* sp, *Ferocactus latispina* y *Prosopis laevigata*. Frecuentemente esta vegetación es utilizada para obtener leña y para la colecta de plantas comestibles y de uso medicinal. En cambio la mayor parte de la superficie de los Regosoles eútricos que están hacia Metzontla se utilizan para la agricultura de temporal, principalmente para el cultivo de maíz.

6.2.2.4 Geomorfología.

Regosoles eútricos

Se localizan hacia el sureste, sobre un conjunto de lomas y cerros que están en un rango altitudinal de los 1700 a los 1900 msnm, se encuentran sobre laderas suaves y cóncavas de pendiente inclinada. La estructura geológica está conformada por una serie de plegamientos que definen varios anticlinales y sinclinales, el material geológico está formado por lechos rojos, lutitas y areniscas cementadas y plegadas de la Formación Matzitzi.

6.2.2.5 Descripción morfológica.

Regosoles calcáricos

Presentan un horizonte A de color gris parduzco claro (10YR 6/2) en seco y pardo (10YR5/3) o pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo, son de textura franco arcillo arenosa o franco arenosa, de estructura poliédrica subangular de baja estabilidad; con abundantes poros entre los agregados. Es de consistencia friable y muy friable, ligeramente plástico y adhesivo, con raíces frecuentes de tamaño fino y medio, abundantes fragmentos de roca (lutita) de diferentes tamaños, la reacción a los carbonatos es violenta. Debajo de este horizonte subyace un horizonte C que puede tener una profundidad de hasta de 60 cm es de color pardo amarillento (10YR 5/4) y pardo amarillento claro (10YR 6/4), estructura de roca más que del suelo, hay una mezcla de pequeños fragmentos poliédricos de roca y partículas de suelo con algunos agregados poliédricos de tamaño pequeño y mediano. El horizonte es compacto, de consistencia firme, plástico, adhesivo, textura franco arcillo-arenosa y franca, con escasas raíces, presenta concreciones polvosas de carbonatos, en consecuencia la reacción con el HCl es muy violenta. Por debajo de este horizonte aparece la lutita ligeramente alterada.

Regosoles éutricos.

Presentan un horizonte A pardo en seco (10YR5/2) y pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, textura franco arenosa, es ligeramente compacto, de estructura granular débilmente desarrollada, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, de consistencia muy friable en seco, con raíces de tamaño medio, es un horizonte muy permeable, presenta frecuentes gravas pequeñas, la reacción a los carbonatos es ligera. Por debajo de esta capa se encuentra el horizonte C, de color pardo (10YR5/2) en seco y pardo oscuro (10YR 3/3) en húmedo, textura franco arenosa y franco arcillo-arenosa, agregados porosos, estructura poliédrica mediana y fina de baja estabilidad mezclada con algunos fragmentos pequeños de rocas de forma laminar. La consistencia es friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico, escasas raíces de tamaño fino y medio, la reacción a los carbonatos es ligera.

6.2.2.7 Génesis

Particularmente se han formado de materiales geológicos como lutitas y conglomerados de esquistos y gneis, los cuales se encuentran en proceso de meteorización, son suelos que con el transcurso del tiempo evolucionaran y darán origen a otro tipo edáfico.

6.2.2.8 Limitantes productivas y problemática de uso

Generalmente se les encuentra asociados a áreas inestables con pendientes irregulares, lo que dificulta su utilización, además de ser muy pedregosos. En varios lugares están erosionados por influencia de las actividades humanas que han contribuido a su deterioro lo que acentúa más esta problemática, la erosión se presenta de diversas formas laminar, en canales, pedestales y en cárcavas, por consiguiente el grado va de moderado a severo.

6.2.3 Grupo Mayor Fluvisol (FL)

Unidad Fluvisol calcárico (FLc)

6.2.3.1 Definición.

Son suelos formados por materiales sedimentarios frescos transportados por agua y que se depositan a intervalos regulares. Estos sedimentos pueden ser de origen marino, lacustre o fluvial. El suelo en su morfología muestra una clara estratificación y fluctuaciones irregulares en el contenido de carbono orgánico, no tienen otros horizontes de diagnóstico que un mólico, ócrico, o úmbrico, un horizonte hístico o un horizonte sulfúrico dentro de los primeros 125 cm de profundidad (FAO, 1994).

6.2.3.2 Distribución.

Los Fluvisoles se encuentran asociados a las principales corrientes fluviales que atraviesan el área, sobre todo en áreas de menor pendiente (llano de San Martín), donde los ríos se ensanchan y los torrentes se desbordan inundando de carga sedimentaria las pequeñas planicies y dando lugar a la formación de estos suelos. Los Fluvisoles se distribuyen en las barrancas: Tempesquitile, Chuchuca, Salinas, Cohauino y barranca Pizarro.

6.2.3.3 Uso actual y/o tipo de vegetación.

Algunos de estos suelos no presentan uso, en otros se utilizan principalmente para la agricultura de temporal, la vegetación presente es de matorral espinoso caracterizado por presentar las siguientes especies: *Prosopis laevigata*, *Cercidium praecox*, *Agave sp*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Pachycereus hollianus*,

6.2.3.4 Geomorfología.

Como ya se señaló, se encuentran sobre pequeñas terrazas en las márgenes de los ríos que aunque son efímeros, ocasionalmente llegan a presentar caudales extraordinarios, suficientes para desbordar márgenes de poca altura y depositar la carga de sedimentos. En consecuencia los Fluvisoles se ubican en relieves planos y bajos con pendientes ligeramente inclinadas donde se favorece la acumulación de material sedimentario y que con el transcurso del tiempo han permitido el desarrollo de pequeñas terrazas aluviales. Junto a estas terrazas de formación reciente, existen también otras terrazas más antiguas y más altas formadas al parecer bajo otras condiciones climáticas más húmedas, cuando los ríos transportaban un caudal grande con mucha energía que podía movilizar y transportar una gran cantidad de carga de sedimentos, mismos que dieron lugar a la formación de esas terrazas altas.

6.2.3.5 Características morfológicas distintivas.

Los Fluvisoles son suelos jóvenes sin horizontes de diagnóstico, muy estratificados por la frecuente llegada de sedimentos que impide una homogenización y diferenciación normal de los horizontes. Son profundos con frecuentes discontinuidades granulométricas y de materia orgánica.

Presenta un horizonte A de color pardo (10YR 5/3) a pardo pálido (10YR 6/3) en seco y de color pardo (10YR 4/3) en húmedo, la textura varía entre franco y franco arcillosa, estructura de partícula elemental con macroagregados poliédricos y agregados laminares de tamaño medio. La consistencia es friable, plástico, ligeramente adhesivo, las raíces varían de escasas a abundantes de tamaño fino, de permeabilidad moderada, con escasa pedregosidad, la reacción a los carbonatos es violenta.

El horizonte C es profundo e interrumpido por frecuentes discontinuidades arenosas, gravas y cantos rodados, de distinto tamaño. En general este horizonte presenta las siguientes características: color pardo (10YR 5/3), pardo pálido (10YR 6/3) y gris (10YR 6/1), la textura varía entre franca a franca limosa a arcillosa, presenta una estructura de macroagregados poliédricos y de partícula elemental, de consistencia friable a muy friable, plástico y ligeramente plástico, ligeramente adhesivo a muy adhesivo. Las raíces van de frecuentes a escasas de tamaño fino, la pedregosidad varía de escasa a abundante, con algunos estratos arenosos, la reacción a los carbonatos es moderada.

6.2.3.7. Génesis.

Se originan de sedimentos fluviales por lo que siempre están asociados a la red fluvial sobre todo en las zonas bajas planas y estables donde es factible la depositación y la acumulación del material sedimentario, mismo que se dispone en estratos de distinta granulometría, de tal modo que los materiales más recientes van enterrando a los más antiguos. Esta dinámica de sepultamiento impide el desarrollo normal del perfil de suelo, ya que interrumpe la acción y dirección de los procesos edafogenéticos (Woerner, 1991).

6.2.3.8. Limitantes productivas y problemática de uso.

La principal limitante de estos suelos es la falta de agua la mayor parte del año, aunque algunos de ellos no presentan uso, en otros se realiza la agricultura de temporal, algunos de ellos comienzan a presentar problemas de erosión; sin embargo la principal problemática de uso son las condiciones climáticas.

6.2.4 Grupo mayor Feozem

Unidad Feozem calcárico (PHc)

6.2.4.1 Definición de un Feozem

Suelos que presentan un horizonte mólico y una saturación de bases (1M NH₄Oac) de 50% o más y una matriz del suelo libre de carbonatos de calcio por lo menos a una profundidad de 100 cm, no tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un albico, argico, cámbico o vértico o un horizonte petrocálico en el sustrato (FAO, 1994).

6.2.4.2 Distribución

Debido a que los Feozem se encuentran formando asociaciones con otras unidades de suelo es difícil dar zonas específicas, se distribuyen en combinación con Leptosoles réndzicos. La principal área de distribución se encuentra hacia el sur en una zona de relieve muy accidentado y de alta complejidad litológica, al parecer en esta zona se da una transición hacia un clima más cálido, esto por el tipo de vegetación que se observa, desgraciadamente no existe alguna estación meteorológica cerca donde se pueda obtener información directa.

6.2.4.3 Uso actual y Tipo de vegetación

Debido a que se encuentran en lugares de difícil acceso por el relieve accidentado y la falta de vías de comunicación, los suelos prácticamente no tienen un uso específico, se observa sólo un uso pecuario limitado al ganado caprino. Presentan una cobertura vegetal más o menos bien conservada, la vegetación varía de acuerdo a la altitud y al material geológico. Por lo tanto en los sitios de menor altitud sobre piedemontes donde el relieve es ondulado se presenta el izotal y el matorral espinoso donde predomina *Yucca periculosa*, *Beucarnea gracilis*, *Mimosa luisana*, *Fouquieria formosa* y *Prosopis laevigata*. En laderas y cimas donde el material geológico son rocas calizas se presenta el matorral rosetófilo con especies como *Myrtillocactus geometrizans*, *Agave macrocanta*, *Opuntia pilifera* y *Hectia podanta*, también se encuentran la especie *Lippia graveolans*. En sitios protegidos como cañadas y barrancas se presentan elementos de la selva baja caducifolia.

6.2.4.4 Geomorfología.

La geomorfología del sitio es muy compleja, predominando un sistema de lomeríos y cerros donde la estructura geológica son plegamientos con diferente buzamiento y grado de erosión, entre estos plegamientos se forman pequeños valles. Las laderas son de forma convexa, con pendientes regulares que varían de 5% al 45 %; el material geológico está formado por conglomerados, calizas y areniscas, también se presentan algunas pequeñas intrusiones ígneas.

6.2.4.5 Características morfológicas.

La principal característica morfológica de los Feozem es la presencia de un horizonte superficial de diagnóstico de tipo mólico, que para los suelos de la zona el color varía de

pardo oscuro (10YR4/3) a pardo grisáceo (10YR5/2) en seco y pardo oscuro (10YR 3/3) a pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2) en húmedo, de textura franco arcillosa a franco arenosa, ligeramente compacto, sin cementación, tienen estructura poliédrica subangular con agregados pequeños y medianos, es adhesivo, plástico y friable, presenta poros frecuentes que se encuentran entre los agregados, presenta altos contenidos de materia orgánica, raíces frecuentes y abundantes, de reacción ligera a violenta a los carbonatos.

El horizonte C tiene un color que puede variar entre gris (10YR6/1), pardo muy claro o blanco en seco y de pardo muy claro (10YR7/3) a pardo amarillento (10YR5/4) en húmedo, este horizonte se presenta como una capa compacta de estructura masiva (fragipán) con agregados internos de forma granular y poliédrica, la cantidad de raíces es variable van de frecuentes a escasas de tamaño fino, también se presentan algunos residuos orgánicos moderadamente descompuestos, la reacción a los carbonatos va de moderada a violenta. Es conveniente señalar que este horizonte C puede cambiar substancialmente en sus características, todo dependiendo del material alterítico (roca meteorizada) que sobreyace debajo de él; sin embargo, el horizonte superficial siempre se mantiene constante en sus características principales. Esto puede indicar que la presencia de los Feozem en el área de estudio, obedece más al efecto del clima que a las condiciones geomorfológicas y litológicas del lugar.

6.2.4.7 Génesis.

Los Feozem del área de estudio se han formado del intemperismo de rocas sedimentarias como lutitas calizas y conglomerados, la meteorización de estas rocas produce una serie de productos residuales como carbonatos, arcillas y óxidos, que se combinan con algunos compuestos orgánicos, estabilizándolos y permitiendo la formación de humatos compuestos característicos de estos suelos.

6.2.4.8 Limitantes productivas y Problemática de uso.

En general los Feozem son suelos fértiles que presentan buenas condiciones para el crecimiento de los cultivos, muestran una alta porosidad, buen drenaje y altos contenidos de materia orgánica entre otras características, sin embargo, los de la zona estudiada tienen fuertes restricciones, las principales limitantes son la escasa precipitación y el relieve accidentado, en algunos casos la profundidad es la limitante. El uso más recomendable para ellos es dejarlos con la vegetación natural y dedicarlos a la conservación de la vida silvestre, por otro lado, presentan alta pedregosidad y afloramientos rocosos lo que dificulta las prácticas agrícolas, aunque no presentan perturbación humana si hay indicios de alteración de la capa superficial por acción de las condiciones naturales que se observa como erosión ligera de tipo laminar.

7. DISCUSIÓN

Para empezar esta discusión es conveniente mencionar que hay una correspondencia parcial de los suelos citados en los antecedentes con los encontrados en el presente estudio. Por una parte INEGI (1983), señala que los suelos de la zona son Litosoles, Rendzinas y Vertisoles, nosotros encontramos Leptosoles líticos (litosoles), Leptosoles réndzicos (rendzinas), Regosoles calcáricos y éutricos, Fluvisoles calcáricos y Feozem calcárico. De esto se puede señalar que nunca encontramos Vertisoles, pero si detectamos otras unidades como Fluvisoles y Feozem; los resultados se explican por el grado de detalle alcanzado en nuestro estudio, es decir el trabajo realizado al ser una escala mayor permitió detectar más unidades y caracterizarlas con más detalle; sin embargo, cabe destacar que este estudio solo contempla las unidades encontradas en la parte suroeste.

Al respecto, cabe mencionar que los datos que reporta INEGI (1983) en su carta edafológica Orizaba 1: 250 000 la escala es más pequeña y abarca una mayor extensión, esto implica una disminución en la resolución y en los alcances del levantamiento.

Por otra parte, a nivel de representación cartográfica faltó más muestreo para definir y separar individualmente cada unidad, ya que sólo se logró definir asociaciones. Esto es una consecuencia de la complejidad del ambiente físico del área estudiada, donde se tienen notables variaciones en la geología y geomorfología. En la zona aparentemente las áreas delimitadas muestran relativa uniformidad, sin embargo, en la realidad las zonas se juntan de manera gradual por lo que es común encontrar áreas donde se unen dos suelos diferentes o que se encuentren emparentados genéticamente, patrón que se encuentra relacionado con el material parental o la topografía (Firtzpatrick, 1984); esta situación se presenta en la asociación formada por los Feozem - Leptosoles réndzicos y Leptosoles líticos - Regosoles calcáricos del área.

En la asociación de Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos su distribución esta relaciona con el material parental, ambos se desarrollan de la alteración de lutitas es por eso que comparten un espacio común y presentan muchas propiedades similares heredadas del material parental, como el color, textura, pH y el bajo contenido en materia orgánica, particularmente estos dos suelos son muy parecidos separándolos sólo el espesor del solum.

En general se trata de suelos jóvenes sin gran diferenciación morfológica donde dominan los perfiles someros con dos horizontes A y C; en el caso de los Leptosoles son suelos homogéneos con muchas propiedades heredadas del material parental; probablemente la escasa profundidad se debe a que se desarrollaron sobre roca blanda que se erosiona con mucha facilidad, lo que crea condiciones no adecuadas para que se desarrolle el suelo en profundidad así como por las condiciones climáticas, donde la baja precipitación y las altas temperaturas controlan el intemperismo, la intensidad y dirección de los procesos edafogenéticos.

Particularmente los Leptosoles y Regosoles presentan un horizonte A de espesor máximo de 15 cm de color gris pardusco claro a pardo amarillento, texturas franco arcillosas a franco arenosas, estructura poliédrica subangular, con abundantes fragmentos de roca, los contenidos de materia orgánica son bajos (2-205%), son de reacción básica (7.6-

7.8); el horizonte C se encuentra formado por material calcáreo en proceso de meteorización e intemperización.

Leptosoles réndzicos y los Feozem, al igual que los anteriores forman una asociación la cual se encuentra relacionada básicamente con el material parental ambos se desarrollan de calizas o conglomerados calcáreos, son suelos emparentados que comparten una morfología similar salvo el espesor, siendo más profundo el Feozem. Presentan un horizonte superficial de tipo mólico, caracterizado por el alto contenido en materia orgánica, el color oscuro y su espesor, además de presentar poca evidencia del material mineral, lo que los hace ser más maduros.

El desarrollo del horizonte mólico se encuentra favorecido por la estacionalidad climática la cual se da en los meses de mayor precipitación (julio-septiembre) situación que promueve los procesos de transformación mineral y se da la mayor actividad biológica que propiciando una incorporación constante y reciclaje gradual de materia orgánica la cual no alcanza a mineralizarse ni a humificarse totalmente, posteriormente en la temporada de seca que es muy prolongada las reacciones se detienen al mínimo, lo que favorece la acumulación de residuos orgánicos moderadamente descompuestos permitiendo su acumulación en el suelo; esto que explica el por que los suelos no son tan pobres en materia orgánica tal y como ocurre en otras zonas áridas.

Por otra parte el breve periodo de precipitación, impiden la traslación y reacomodo de productos de las transformaciones, es decir, no alcanza la cantidad de agua que pasa por el suelo a mover todos esos elementos, sino por el contrario la evaporación que es más intensa que la misma precipitación, tiende a subir muchos elementos minerales concentrándolos cerca de la superficie del suelo, lo que da lugar a la formación de horizontes cálcicos, petrocálcicos y concreciones calcáreas (véase fig 10).

Estos suelos presentan un horizonte A con un espesor de 30 cm, los colores varían entre un pardo a un pardo grisáceo, son de texturas franco arenosas a franco arcillosas, estructura poliédrica subangular con agregados pequeños y medianos, con alto contenido en materia orgánica (4-5.8%) y un pH (7.2-7.7) alcalino; el horizonte C es de color gris a blanco, estructura láminar, cementada con carbonatos; es una estructura compacta y dura, sin embargo, presenta raíces que han logrado penetrar en las grietas del caliche.

Los Fluvisoles son producto del comportamiento climático, hidrológico y geomorfológico de la cuenca, que permite la acumulación de sedimentos en ciertos lugares, lo que da origen a estos suelos; de hecho la geomorfología es un elemento determinante en la distribución y desarrollo de este tipo de suelos; en ellos el efecto del relieve asociado a las lluvias torrenciales que aunque se trata de un clima seco, se presentan algunos eventos extraordinarios de precipitación que provocan la movilización de mucho material sedimentario en las partes más bajas del valle afectando la profundidad del suelo, el espesor del horizonte superficial, el contenido de materia orgánica, la humedad y el contenido de sales solubles, que se acompañan de un desarrollo más acelerado del suelo, pero que por efecto del constante aporte de materiales frenan su desarrollo; en estos suelos se presenta una variación muy característica de las propiedades físicas y morfológicas lo que da lugar a una estratificación de los mismos a lo largo de todo el perfil.

Estos suelos presentan un horizonte A de color pardo a pardo pálido, de textura franco a franco arcillosa, estructura de partícula elemental, con macroagregados poliédricos y agregados laminares de tamaño medio, con bajos contenidos de materia orgánica (2-2.3%) y pH (8) alcalino; el horizonte C se encuentra interrumpido por frecuentes discontinuidades arenosas de gravas y cantos rodados de tamaño variable; es de color pardo a gris de textura franco a franco arcillosa y estructura de partícula elemental, con bajos contenidos de materia orgánica (.11%) y pH (7.13) alcalino, presenta raíces escasas de tamaño fino, la pedregosidad varía de escasa a abundante con algunos estratos arenosos.

La distribución espacial de los suelos es una consecuencia de la litología de la zona. Es claro que la presencia de lutitas determina la presencia de Regosoles y Leptosoles líticos, mientras que las calizas, favorecen el desarrollo de Leptosoles réndzicos y Feozem calcárico; los Fluvisoles están asociados a material aluvial.

La variada litología de la zona constituida en su mayoría por rocas sedimentarias marinas ricas en carbonato de calcio, que surgen a raíz del aislamiento del Valle de Tehuacan respecto al Golfo de México (Osorio et al, 1996), ha originado suelos calcáreos de pH alcalino, de textura y permeabilidad variables y con diferentes grados de estratificación.

La variación en las propiedades morfológicas, físicas y químicas de los suelos son el resultado de las condiciones que se derivan, tal como el material geológico, relieve, clima y la actividad biológica a través del tiempo; su importancia no sólo radica a nivel regional sino a niveles locales donde las condiciones microclimáticas por efecto en el cambio del relieve o tipo de vegetación son importantes para entender como es que aun en áreas relativamente pequeñas las características de los suelos se modifican.

Con respecto al uso del suelo, se puede decir que la agricultura de temporal es la actividad más extendida en el llano de San Martín, sin embargo, no se presentan áreas continuas sino zonas aisladas, el sistema presenta serias limitaciones ambientales tales como la presencia de un clima con déficit en la precipitación, suelos delgados y pedregosos. En general se puede decir que los suelos no tienen vocación agrícola, salvo en aquellos lugares de terrazas aluviales donde el suelo es más profundo y menos pedregoso. Otro problema es el relieve sobre todo en las áreas de cerros, lomeríos y desde luego las zonas montañosas, donde definitivamente la zona no tiene ninguna aptitud agrícola.

En términos del uso potencial agrícola del suelo, se tiene que los Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos del llano de San Martín se clasifican como suelos de cuarta clase de capacidad agrícola con aptitud baja, donde las principales restricciones son la escasa profundidad del suelo, la pedregosidad y la falta de agua. Para los Leptosoles réndzicos y Feozem calcáricos de los cerros y sierras, se clasifican como suelos de sexta clase de capacidad sin aptitud agrícola, donde las limitantes principales son el relieve accidentado con fuertes pendientes, el suelo delgado y la falta de agua.

La ganadería extensiva es potencialmente factible en el llano de San Martín, siempre y cuando se incremente la cobertura de especies forrajeras (gramíneas y leguminosas), de preferencia con especies nativas o bien introducir especies de alto valor nutricional y

que se adapten a las condiciones climáticas del área. Por otra parte, se tiene que manejar correctamente el índice de agostadero de la localidad controlando el tamaño de los hatos y el número de los mismos, con el objeto de no rebasar la capacidad de carga del suelo.

El uso idóneo de los suelos estudiados es mantenerlos con su vegetación natural, es decir proteger la vegetación natural y reforestar los sitios más degradados, con el propósito de frenar el problema de la erosión y evitar el incremento del proceso de desertificación. No tiene ningún sentido deforestar, ya que la aptitud de los suelos para las actividades productivas del sector primario es muy limitada y no ofrecen grandes beneficios para los pobladores.

8 CONCLUSIONES

De acuerdo al criterio FAO/UNESCO 1994 los suelos del área corresponden a cuatro grupos mayores Leptosoles, Regosoles, Fluvisoles y Feozem, y seis unidades Leptosol lítico, Leptosol réndzico; Regosol calcárico, Regosol éútrico; Fluvisol calcárico y Feozem calcárico.

Se generó el mapa de suelos de la parte suroeste del Valle de Zapotitlán en una escala aproximada 1: 50 000, donde quedaron representadas las unidades y asociaciones de suelo.

Los suelos de área en su mayoría se derivan del intemperismo de rocas sedimentarias del tipo de las lutitas, calizas y conglomerados, morfológicamente son jóvenes, delgados, con gran influencia de materiales calcáreos.

Los Leptosoles líticos y Regosoles calcáricos son los más ampliamente distribuidos en el área y los que ocupan mayor superficie, se les encuentra formando asociaciones con otras unidades de suelo, se desarrollaron sobre geoformas como lomas, mesas y terrazas en relieves moderadamente inclinados; su presencia se debe a la naturaleza del material geológico y al relieve, así como a los procesos erosivos que inciden constantemente sobre el suelo evitando que logren un mayor grado de desarrollo morfológico.

Los Feozem calcáricos y los Leptosoles réndzicos se desarrollaron en geoformas de sierra, lomas y cerros con pendientes que van de moderadas a inclinadas; su distribución esta determinada por la presencia de rocas calizas y de ambientes geomorfológicos estables. Ambos se encuentran emparentados genéticamente por lo que pertenecen al Orden Molisol de Soil Taxonomy, ya que ambos desarrollan un horizonte de tipo mólico lo que los ubica en un mayor grado de desarrollo morfológico; su formación es el resultado de la combinación de factores como la vegetación el material geológico y el clima; esta conjugación de factores favorece la acumulación, conservación y estabilidad de la materia orgánica.

Los Fluvisoles se desarrollan como consecuencia de procesos fluviales, que propician en determinados lugares la acumulación reciente de materiales sedimentarios en las márgenes de los ríos.

Por causas relacionadas con la juventud de los suelos, las condiciones climáticas y la compleja geomorfología de la zona, gran parte de los suelos son muy pedregosos y someros por lo que el uso agricultura es limitado; sin embargo, en algunos de ellos se practica la agricultura de temporal de maíz y frijol la cual no tiene muy buenos rendimientos; también se lleva a cabo el pastoreo de cabras. En definitiva el potencial agrícola y pecuario de la zona estudiada es muy bajo, por lo que es importante impulsar otras alternativas de desarrollo como pueden ser el ecoturismo, el fortalecimiento de la actividad minera y comercial.

Por último, los suelos estudiados se encuentran afectados principalmente por erosión natural tanto eólica como hídrica, la cual se presenta en forma laminar, vertical, en canales, y cárcavas.

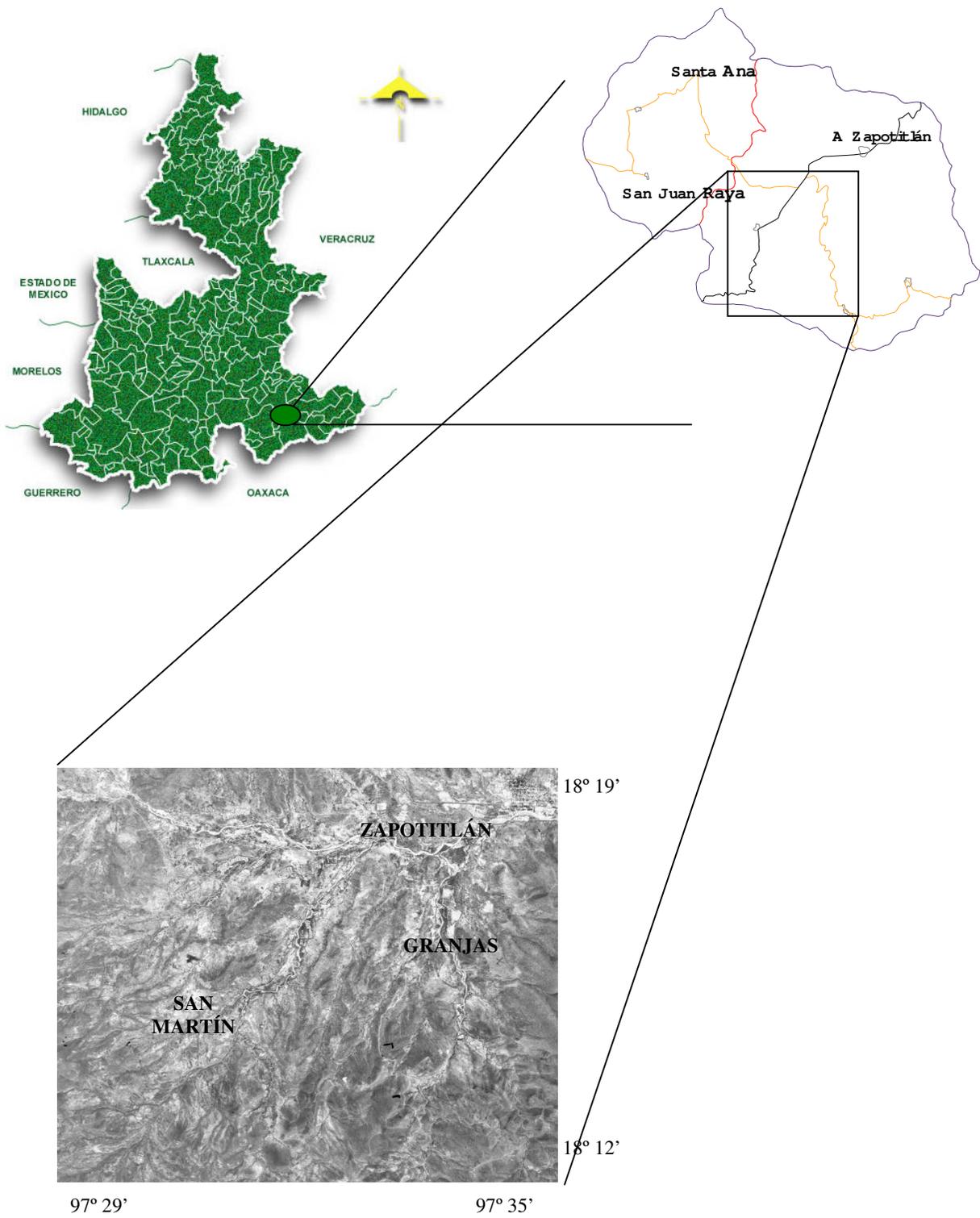


Fig. 1 Localización del área de estudio.

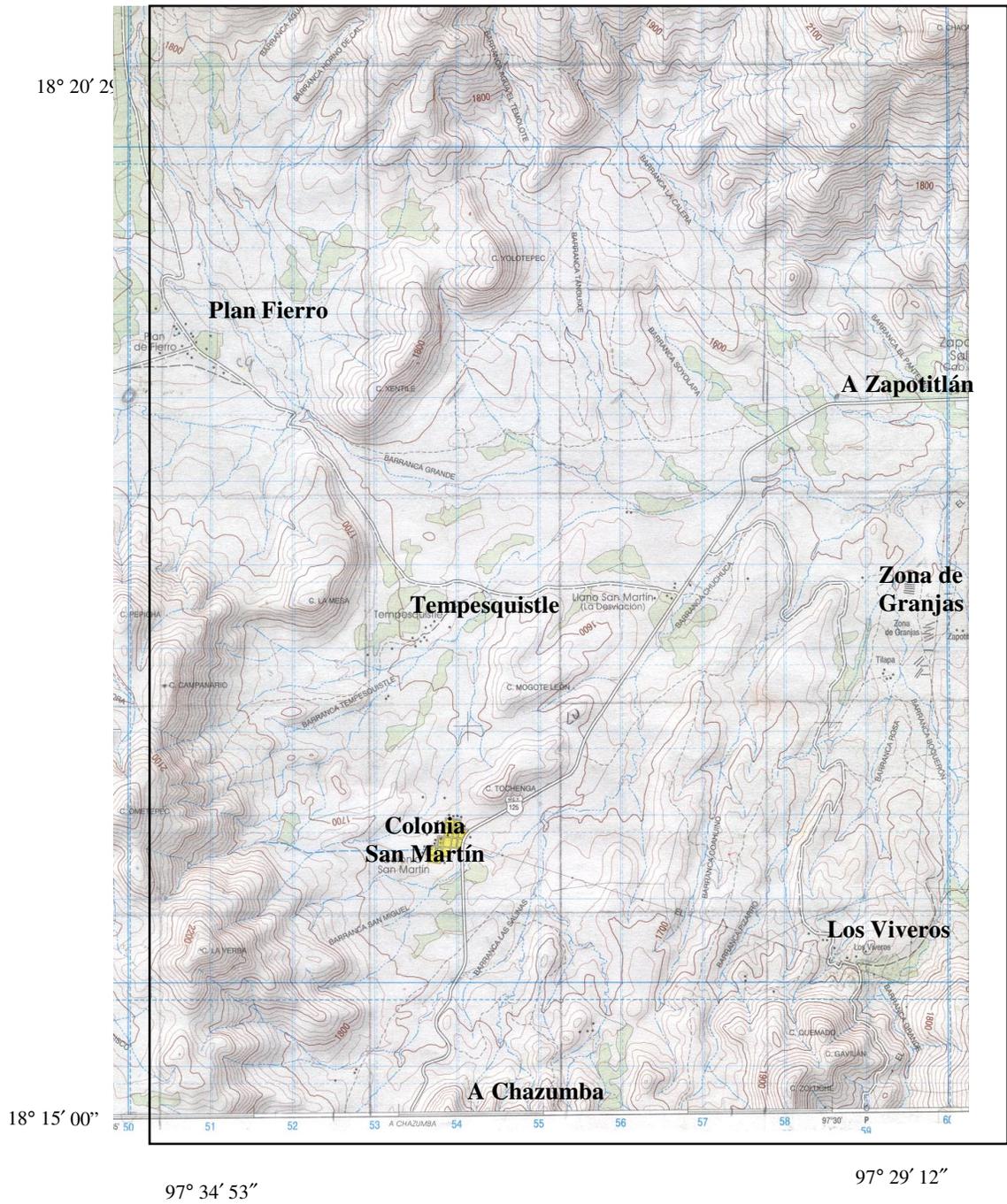


Fig. 2 Área de estudio y principales rasgos topográficos

Unidades de suelo FAO-UNESCO, 1994	Area (Ha)	Porcentaje (%)
Unidades independientes		
FLc	1359057,44	1.15
LPq	3578738,95	3.02
PHc	9872102,10	8.33
RGc	2913926,38	2.45
RGe	1958183,06	1.65
Asociaciones		
LPk-LPq	4721381,53	0.33
LPk-PHc	28631426,00	24.15
LPq-RGc	3627782,68	3.06
PHc-LPk	5492777,34	4.63
RGc-LPq	56026309,20	47.25
Otros. Erosión	392372,61	0.33
	118574057,29	100

Cuadro 1. Área en hectáreas ocupada por cada unidad de suelo.

6.2.1.6 Propiedades físicas y químicas.

Leptosol lítico (Lpq)

Horizonte	DENSIDAD REAL (gr/cc)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	pH	C.I.C.T cmol(+) Kg-1
A 0-15	2.61	1.07	58.70	2.0	7.78	22.90
C >15	2.28	1.28	44.0	0.91	7.96	21.71

Horizonte	Ca cmol(+) Kg-	Mg cmol(+) Kg-	Na cmol(+) Kg-	K cmol(+) Kg-1	CaCO3 (%)	P ppm
A 0-15	18.32	2.59	3.14	2.70	9.72	47.68
C >15	18.11	2.80	3.36	2.36	12.02	46.3

Cuadro 2. Propiedades físicas y químicas de los Leptosoles líticos.

Leptosol réndzico (LPk)

Horizonte	DENSIDAD REAL (gr/cc)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	pH	C.I.C.T cmol(+) Kg-1
A 0 – 30 cm	2.65	1.10	58.38	5.81	7.64	33.0
Ckm 30 – 50 cm	2.37	1.05	55.86	2.18	7.69	27.08

Horizonte	Ca cmol(+) Kg-1	Mg cmol(+) Kg-1	Na cmol(+) Kg-1	K cmol(+) Kg-1	CaCO ₃ (%)	P ₂ O ₅ ppm
A 0 – 30 cm	26.35	3.02	3.06	2.77	16.75	47.06
Ckm 30 – 50 cm	19.43	1.94	3.14	2.46	40.27	45.6

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas de los Leptosoles réndzicos.

6.2.2.6 Propiedades físicas y químicas.

Regosol calcárico (RGc)

Horizonte	DENSIDAD REAL (gr/cc)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	pH	C.I.C.T cmol(+) Kg-1
A 0 – 15	2.31	1.05	54.40	2.05	7.67	27.92
C 15 – 135 cm	2.31	1.04	59.61	1.81	7.81	34.81

Horizonte	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100)	CaCO3 (%)	P2O5 Ppm
A 0 – 15 cm	20.19	2.59	3.62	3.03	18.77	47.68
C 15 – 135 cm	27.45	2.80	3.62	2.70	13.37	46.3

Cuadro 4. Propiedades físicas y químicas de los Regosoles calcáricos

Regosoles eútricos (RGe)

Horizonte	DENSIDAD REAL (gr/cc)	DENSIDAD APARENT E (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	pH	C.I.C.T cmol(+) Kg-1
A 0 - 20 cm	2.65	1.15	56.45	2.87	7.73	24.1
C 20 - 43cm	2.60	1.20	53.65	1.92	7.77	24.2

Horizonte	Ca (meq/100g)	Mg (meq/100g)	Na (meq/100g)	K (meq/100)	CaCO3 (%)	P2O5 ppm
A 0 - 20 cm	16.46	3.02	3.77	3.01	10.4	49.0
C 20 - 43 cm	17.62	.82	4.08	2.58	5.35	49.7

Cuadro 5. Propiedades físicas y químicas de los Regosoles eútricos

6.2.3.6. Propiedades físicas y químicas de los Fluvisoles calcáricos (FLc).

HORIZONTE	DENSIDAD REAL (gr/cc)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGÁNICA (%)	pH	C.I.C.T cmol(+) Kg-1
A 0 – 20 cm	2.49	1.21	51.54	2.22	8.0	22.53
C 20 – 60 cm	2.36	0.99	58.14	0.11	7.13	21.92

HORIZONTE	Ca cmol(+) Kg-1	Mg cmol(+) Kg-1	Na cmol(+) Kg-1	K cmol(+) Kg-1	CaCO3 (%)	P2O5 ppm
A 0 – 20 cm	10.76	6.08	1.76	2.01	35.70	29.50
C 20 –60 cm	12.97	7.02	3.52	3.52	28.76	36.69

Cuadro 6. Propiedades físicas y químicas de los Fluvisoles calcáricos

6.2.4.6. Propiedades Física y Químicas de la unidad Feozem calcárico (PHc)

HORIZONTE	DENSIDAD REAL (g/cc)	DENSIDAD APARENTE (g/cc)	POROSIDAD (%)	MATERIA ORGANICA (%)	pH	C.I.C.T
A 0-25	2.63	1.12	57.25	5	7.4	33.55
C >25	2.4	1.07	56.35	1.54	7.85	18.58

HORIZONTE	Ca meq/100g	Mg meq/100g	Na meq/100	K meq/100g	CaCO3 (%)	P (ppm)
A 0-25	27.6	2.9	5.1	3.35	10.4	47.6
C >25	23.95	3.2	4.65	2.65	22.25	45.6

Cuadro 7. Propiedades físicas y químicas de los Feozem calcáricos.

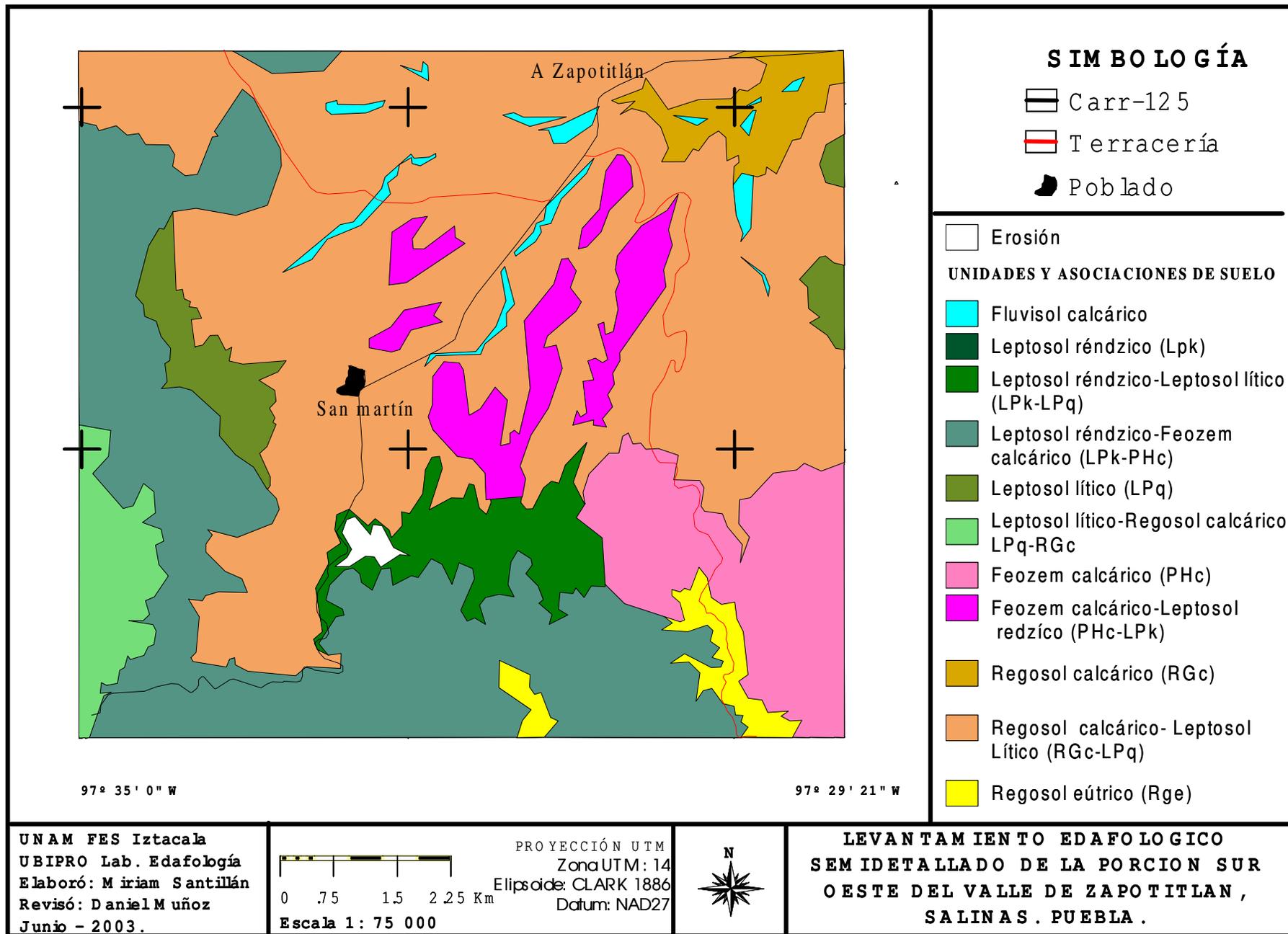


Fig. 12. Mapa Edafológico de la parte suroeste del Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla

9 BIBLIOGRAFÍA

Aguilera, H. N. 1970. Suelos de Zonas áridas de Tehuacan, Puebla y sus relaciones con las Cactáceas Suculentas Mexicanas.

Aguilera, H. N. 1989. Tratado de Edafología de México. Facultad de Ciencias. UNAM. 7-31 pp.

Barcelo Duarte J. 1978. Estratigrafía y Petrografía detallada del área de Tehuacan San Juan Raya, Edo. De Puebla. Tesis profesional Facultad de Ingeniería. UNAM. México, D.F. 143 pp.

Barrera, C. C. 2001. Descripción y regionalización Fisiográfica del Valle de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México.

Becerra, M. A. 1999. Escorrentía, Erosión y Conservación de Suelos UACH. México.

Buol, S. W; Hole, F. D; Mc. Cracken, R. J. 1981. Génesis y clasificación de Suelos. Trillas.

Casas, A; Valiente-Banuet, J. L; Viveros, J; Caballero, L. Cortés. D. Dávila, R. Lira and Rodriguez. 2001 Plant Resources of the Tehuacan Valley, México. Economic Botany 55(1). 129-166 pp.

Cuanalo de la Cerda, H. E; Ortíz, S.C.A. 1993. Comentarios de la plática "Evolución de la ciencia del suelo en México". Ciencia, Vol. 44. 23-35 pp.

Curtis, H. 1992. Biología. Panamericana, 5ª ed. Buenos Aires, Argentina. 770-772 pp.

Díaz de León, A. J. L. 1992. Libro de la Revolución de Investigación Científica. Serie Ciencias Agropecuarias. UACH. México. 1-13 pp.

Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. 1981 Carta Fisiográfica México escala 1: 1 000 000.

Duchafour, P. 1984. Edafogénesis y Clasificación. MASSON. España. 200-204 pp.

Fanning, D.S. 1984. Soil Morphology, Genesis and Clasification. Wiley. New York. 91-97, 248-251 pp.

Firtzpatrick. 1984. Suelos su Formación, Clasificación y Distribución. CECSA. México. 26-76 pp.

García, O. F. 1991. Influencia de la Dinámica del Paisaje en la distribución de las Comunidades Vegetales en la Cuenca del Río Zapotitlán, Puebla. Investigaciones Geográficas 23. 53-69 pp.

García, M. M. G. 2001. Mapeo y Caracterización de los Suelos de las Terrazas Aluviales del Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala UNAM.

INEGI. 1983. Carta Edafológica. Hoja E14 Orizaba. Escala 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

INEGI. 1983. Carta Hidrológica de Aguas Superficiales. Hoja E14-6 Orizaba. Escala 1:250 000. Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

INEGI. 1987. Carta Climática. Hoja México. Escala 1: 1 000 000 Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

INEGI 1990 Guía para la Interpretación de Cartografía segunda edición Secretaría de Programación y Presupuesto, México.

INEGI. 1994. Carta Topográfica. Hoja Tehuacan. Escala 1: 50 000 Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

International Society of Soil Science (ISSS), International Soil Reference and information Centre (ISRI) and Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 1994. World Reference Base for Soil Resources. Rome.

Jaramillo, L. V. I. 1982 Ordenación y Clasificación en la Provincia Florística de Tehuacán Cuicatlán. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Jaramillo, L. V; González, M.F. 1983. Análisis de la Vegetación Arbórea en la Provincia Florística de Tehuacán-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. México. 45. 49-64 pp.

Kilian, J. 1972. Les inventaires morphopédologiques. Conception. Application au développement agricole. L'Agronomie tropicale, vol. XXVII, 9, 930-938 pp.

León, A. R. 1991. Nueva Edafología. Regiones Tropicales y Areas Templadas de México. FONTAMARA. 2ª ed. México. 23-25 pp.

Maldonado M. 1956. Bosquejo Geológico de la Región de San Juan Raya Puebla in Maldonado M. (edit.) Estratigrafía del Mesozoico y Tectónica del Sur del Estado de Puebla: Presa y Valsequillo, Sifón de Huexotitlanapa y problemas hidrológicos de Puebla: Congreso Geológico Internacional XX, Libro guía de la excursión A- 11 UNAM. 9-43 pp.

Muñoz, J. D. J. 1999. Estudio Cartográfico y Morfológico de los suelos de la Porción sur del Valle del Mezquital. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.

Muñoz, I. D; Mendoza, C. A; López, G. F. 2000. Edafología Manual de Métodos de Análisis de Suelo. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM. México. 1-70 pp.

Moreno, O. C. 1989. Levantamientos Agrológicos. UACH. México.

Neri, G. D. M. C. 2000. Caracterización Hidrológica de la Subcuenca Baja del Río de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura, Escuela Nacional de Estudios Profesionales

de Iztacala. UNAM. México. 82 pp.

Oliveros, G. O. 2000. Descripción Estructural de las Comunidades Vegetales en las Terrazas Fluviales del Río Salado en el Valle de Zapotitlán Salinas, Puebla. México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México.

Ordaz, Ch. V. M. 1986. Estimación de determinaciones analíticas requeridas para el sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO a partir de métodos no específicos. Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 1-47 pp.

Ortíz, S. C. A y Cuanalo de la Cerda, E. 1981. Introducción a los levantamientos de Suelos. Colegio de Posgraduados. Chapingo, México. 81 pp.

Ortiz-Solorio, C. A y Cuanalo de la Cerda, 1993. Comentarios a la Plática "Evolución de la Ciencia del Suelo en México" Ciencia. Vol. 44.

Ortiz- Solorio,. C. A; Pájaro, H. D. y Gutiérrez, C. C. M. 1994. Introducción a la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO, versión 1988. Colegio de Posgraduados, Chapingo. México. 39 pp.

Osorio, B. O; Valiente-Banuet, A; Dávila. P; Medina, R. 1996. Tipos de Vegetación y Diversidad Beta en el Valle de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Bol. Soc. Bot. México. 59:35-58 pp.

Paredes, F. M. 2001. Contribución al Estudio Etnobotánico de la Flora útil de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Profesionales Iztacala. UNAM. México.

Plaster, J. E. 1997. La Ciencia del Suelo y su Manejo. PARANINFO. ESPAÑA. 30-57, 59-107 pp.

Ramírez, H. A. 1996. Contribución al conocimiento de la Flora Medicinal de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México.

Rivas, R. A. 2003. Levantamiento Edafológico Semidetallado de la Porción Norte del Valle de Zapotitlán, Puebla. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala. UNAM.

Skjins, J. 1991. Semiarid lands and Deserts. Soil Resourse and Reclamation. New York. EE.UU. 109-15 pp.

Torres, G. J. A. 1979. Estudio Comparativo de Tres Sistemas de Clasificación de Suelos (Americana, Francesa y FAO-UNESCO). Tesis de Maestría. Colegio de Posgraduados, Chapingo, México.

Valiente-Banuet, L. 1991. Patrones de precipitación en el Valle Semiárido de Tehuacán, Puebla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM.

Valiente-Banuet, A. 1991. Dinámica del establecimiento de las cactáceas: Patrones generales y consecuencias de los procesos de facilitación por plantas nodrizas en desiertos. Tesis Doctoral. UACH Y CCH Centro de Ecología. UNAM.

Valiente-Banuet, A; P. Dávila; M.C. Arizmendi, A. Rojas-Martínez y A. Casas. 1995. Bases Ecológicas del Desarrollo Sustentable en Zonas Áridas: El Caso de los Bosques de Cactáceas Columnares en el Valle de Tehuacán y Baja California Sur. En: IV Curso sobre desertificación y desarrollo sustentable en América Latina y el Caribe. Colegio de Postgraduados, Montecillos, Edo. México, México. 20-36 pp.

Valiente-Banuet, A; Casas, A; Alcántara, A; Dávila, P; Hernández-Flores, N; Villaseñor, J. L; Ortega, R, J. 2000. La Vegetación del Valle de Tehuacan-Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. México. 67:24-74 pp.

Villaseñor, J. L; Dávila, P; Chiang, F. 1990. Fitogeografía del Valle de Tehuacan Cuicatlán. Bol. Soc. Bot. México. 50:135-149 pp.

Woerner, M. 1991. Los Suelos bajo Vegetación de Matorral del Noreste de México descritos a través de ejemplos en el Campus Universitario de la UANL, Linares, N.L. México. Reporte Científico. No.22

Zavala, H. J. 1980. Estudios Ecológicos en el Valle Semiárido de Zapotitlán de las Salinas, Puebla. Clasificación de la Vegetación. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.



Fig. 3. Perfil representativo de la unidad Leptosol lítico (LPq) originado a partir de una lutita.

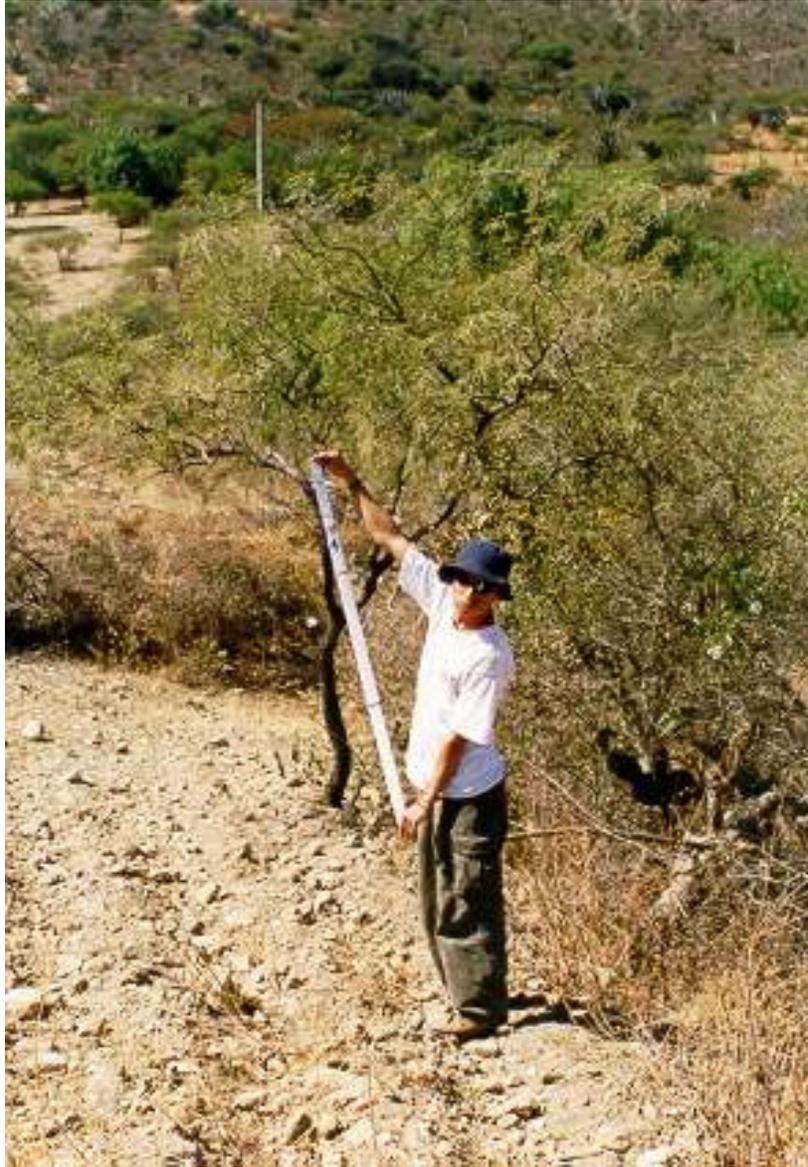


Fig. 4. Vista panorámica de la unidad Leptosol lítico (LPq).



Fig. 5. Perfil representativo de la unidad Leptosol réndzico (LPk). Notese la presencia de un horizonte mólico sobrepuesto a un petrocálcico.



Fig. 6. Vista panorámica de la unidad Leptosol réndzico (LPk) desarrollado en una vegetación de matorral espinoso.



Fig. 7. Perfil representativo de la unidad Regosol calcárico (RGc) derivado de una marga. Suelo con escaso desarrollo, poco diferenciado.



Fig. 8. Vista panorámica de la vegetación asociada a Leptosoles y Regosoles formada por matorral crasicaule donde domina la especie *Neobuxbaumia tetetzo*.



Fig. 9. Perfil representativo de la unidad Fluvisol calcárico (FLC). Suelos desarrollados a partir de sedimentos aluviales, asociado a una vegetación de matorral espinoso.



Fig. 10. Perfil representativo de la unidad Feozem calcárico (PHc), suelo con horizonte superficial mólico bien desarrollado, de mayor espesor que el Leptosol réndzico, por debajo subyace un horizonte petrocálcico.



Fig. 11. Vista panorámica de la unidad Feozem calcárico (PHc), véase las condiciones restrictiva del relieve.