



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA

“LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO
SEMIDETALLADO DE LA REGIÓN DE
AJACUBA - MIXQUIAHUALA, HIDALGO”

T E S I S

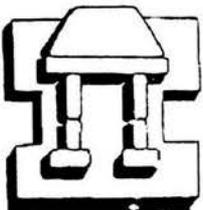
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G O

P R E S E N T A:

ALFONSO SOLER ABURTO

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





Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 **Corona** por enseñarme
a no cejar en el esfuerzo para lograr
nuestras metas por ambiciosas que estas sean.

A **Sara** por los años maravillosos
y por todo lo que implica el formar y
el llevar adelante a la familia.

A **Rafa, Emilio y Manolo**
Porque son lo que más amo en la vida.

A **Mayra** por aplicar, en tiempo
y forma, la chispa adecuada.

A **Pancho** por contagiarme tu entusiasmo
haciendo de la diaria jornada un placer.

A **Daniel** por todos esos buenos momentos
dentro y fuera del ámbito edafológico.

A los Hñahñu, especialmente a
Tomasa, Delfina y Aurelio por enseñarme
su visión del mundo.

AGRADECIMIENTOS

Al M. en C. **Daniel Muñoz Iniestra** por los años de enseñarme la Ciencia del Suelo, por el apoyo brindado y por ser el artífice del presente trabajo.

Al M. en C. **Francisco López Galindo** por sus oportunos consejos y recomendaciones para la culminación del presente trabajo.

A la Bióloga **Mayra Hernández Moreno** principalmente por su valiosa asesoría en el manejo de los diversos programas requeridos para la digitalización de cartografía.

A los Biólogos **Arnulfo Reyes Mata** y **Marcial García Pineda** por su colaboración en la revisión que contribuyó a mejorar el escrito.

A la Bióloga **Carmen Castillo López** por sus oportunos comentarios en la redacción del escrito y por aligerarnos la carga de trabajo.

A **Eufrosina, Ismael, los Mauricios, Gustavo, Pedro, Gema, Jacobo, Ania** y en general todos los que han colaborado en el Laboratorio de Edafología para sacar adelante este y otros trabajos, fletándose tanto en campo como en el laboratorio, sin ustedes no habríamos llegado tan lejos.

A la comunidad del **Dexthí** por permitirnos internarnos en su territorio, recibiéndonos siempre con una sonrisa y brindándonos su afecto y colaboración para hacer lo que más nos gusta: hoyos.

A la **Universidad Nacional Autónoma de México** de la que he recibido tanto en todas las etapas de mi vida.

A **Rafael Pozos León**[†] y todos los Amigos del Bosque que me enseñaron a observar y respetar nuestro entorno, despertando en mí la vocación de estudiar la vida.

A todos mil gracias y sigamos

A D E L A N T E

CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	
IZT.	
1. INTRODUCCIÓN	1
2. JUSTIFICACIÓN	4
3. OBJETIVOS	5
4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
4.1 Marco de referencia	6
4.2 Antecedentes	16
5. METODOLOGÍA	19
6. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO ...	21
6.1. Localización geográfica y política	21
6.2. Superficie, límites y acceso	21
6.3. Fisiografía y geomorfología	22
6.4. Geología	22
6.5. Suelos	23
6.6. Climatología	24
6.7. Hidrología	25
6.8. Vegetación	26
6.9. Sistemas Productivos	27
7. RESULTADOS	28
7.1 Resultados de la descripción morfológica y caracterización física, química y ambiental de las unidades de suelo identificadas en la zona de estudio	28
7.1.1. Grupo mayor: Feozem (PH)	28
7.1.2. Grupo mayor: Vertisol (VE)	35
7.1.3. Grupo mayor: Leptosol (LP)	40
7.1.4. Grupo mayor: Regosol (RG)	44
8. DISCUSIÓN	50
9. CONCLUSIONES	54
10. BIBLIOGRAFÍA	55
11. ANEXOS	58

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA No.	PÁGINA
1. Área de estudio.	21
2. Perfil representativo de la unidad Feozem vértico.	34
3. Perfil representativo de la unidad Feozem háplico.	34
4. Panorámica del paisaje asociado al Grupo Feozem	34
5. Perfil representativo de la unidad Vertisol háplico.	39
6. Panorámica del paisaje asociado a los Vertisoles háplicos	39
7. Perfil representativo de la unidad Leptosol mólico.	43
8. Panorámica del paisaje asociado a los Leptosoles mólicos	43
9. Perfil representativo de la unidad Regosol éutrico	48
10. Panorámica del paisaje asociado a los Regosoles éutricos	48

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO No.	PÁGINA
1. Clave simplificada de órdenes de suelos	9
2. Sistemas de clasificación morfológica y genética de los suelos en Cuba	11
3. Datos de clima de la estación meteorológica de Mixquiahuala	25
4. Esquema morfológico representativo de la Unidad Feozem háplico . . .	32
5. Esquema morfológico representativo de la Unidad Feozem vértico . . .	33
6. Esquema morfológico representativo de la Unidad Vertisol háplico . .	38
7. Esquema morfológico representativo de la Unidad Leptosol mólico . .	42
8. Esquema morfológico representativo de la Unidad Regosol éutrico . . .	47

ÍNDICE DE MAPAS

MAPA No.	PÁGINA
1. Grupos Mayores y Unidades de Suelo	49

RESUMEN

Las investigaciones edafológicas, aportan la información necesaria para conocer la potencialidad de las tierras y sobre todo para definir la vocación natural de un espacio geográfico.

La presente investigación tiene como objetivo principal, el de hacer un estudio morfológico y cartográfico, que incluya una caracterización física y química, de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital, Estado de Hidalgo. El área estudiada se localiza entre los 99° 0' y los 99° 13' 46'' de longitud oeste y entre los 20°4'38'' y 20°15'0'' de latitud norte comprende una extensión de 4,680 Ha. Los municipios que abarca son: Ajacuba, Progreso, Tetepango, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Mixquiahuala. Presenta un clima seco templado y una fisiografía constituida por valles demarcados por algunas sierras. El trabajo se inició con una exhaustiva revisión de antecedentes; asimismo se hizo un análisis de la cartografía existente, posteriormente a través de la interpretación y análisis de rasgos y patrones registrados en fotografías aéreas se formuló un planteamiento hipotético con respecto a la diversidad, distribución y uso de los suelos en la zona. Los sitios de muestreo se levantaron a través de fosas edáficas a cielo abierto y por medio de barrenaciones. Los perfiles se describieron para obtener los datos de su morfología, reconociendo en ellos sus horizontes. Se continuó con la toma de muestras, mismas que se analizaron en el laboratorio donde se determinaron su color, densidades, porosidad, textura, pH y materia orgánica. Por último, los suelos del área se caracterizaron, describieron e identificaron, para después elaborar la carta edafológica y de uso del suelo por métodos fotogramétricos convencionales. Los resultados obtenidos indican que los tipos de suelos dominantes en el área estudiada son aquellos que desarrollan horizontes mólicos tales como: Vertisol háplico, Feozem háplico y vértico y Leptosol mólico; entre estos, se encuentran inclusiones de otros suelos formados por la acción de factores locales como es el caso del Regosol éutrico. Los tres primeros se distribuyen sobre las geoformas planas, son de carácter arcilloso, con estructuras superficiales de macroagregados y algunos con fase dúrica en el subsuelo, estos han sido formados de materiales vulcano sedimentarios y en ellos se practica la agricultura. Los Regosoles y Leptosoles se ubican sobre los sistemas montañosos, son delgados, morfológicamente poco desarrollados y sostienen matorrales crasicales. Los suelos de las áreas planas tienen una aptitud agrícola media, tanto de riego como de temporal, siendo sus principales limitantes la profundidad, drenaje deficiente y falta de agua (en donde no hay riego). Los principales problemas de degradación de suelos que se detectaron en el área estudiada son: contaminación por el riego con aguas residuales, salinidad, erosión y empobrecimiento de nutrientes y materia orgánica. Los ubicados en las sierras, presentan la problemática del clima seco, el relieve inclinado, la abundancia de pedregosidad y afloramientos rocosos. Por último, se sugiere realizar estudios de diagnosis ambiental, ordenamientos territoriales, así como planes de desarrollo rural sustentable, con la finalidad de regular el desarrollo demográfico y económico y, sobre todo, para aprovechar adecuadamente todo el potencial de recursos naturales de la región. También se recomienda desarrollar programas abocados a la conservación de los recursos y a la restauración de todas las áreas que han sido ambientalmente degradadas y las que están en proceso de deterioro.

1. INTRODUCCION

El suelo es la parte de la corteza terrestre donde se desarrollan todas las manifestaciones de vida en nuestro planeta, constituye una delgada capa cuyo espesor varía entre unos pocos centímetros y dos o tres metros. Es en esos pocos centímetros donde los reinos vegetal y animal se encuentran con el mundo mineral y establecen con él una relación dinámica. Así, además de ser el suelo un medio de fijación para las plantas, estas obtienen de él agua y nutrimentos necesarios para su desarrollo, constituyendo, al mismo tiempo, la base de la cadena alimenticia. Finalmente, los residuos vegetales y animales retornan y son reincorporados al suelo al ser descompuestos por la numerosa población microbiana que ahí habita (Thompson y Troeh, 1982).

Los suelos son considerados como cuerpos naturales independientes, cada uno de los cuales presenta una morfología única que resulta de la interacción de la materia viva, la roca de origen, el relieve, el tiempo, el clima y la cubierta vegetal, por lo cual, debido a sus diversas características el tipo de vegetación que soportan y el uso al que se destinan varía ampliamente (Porta, 1994).

Es por muchos reconocida la importancia que el suelo tiene como recurso natural, debido a su función productiva y a que es el promotor de la producción primaria; además de la función ecológica tan importante que tiene, ya que sostiene la vida terrestre de nuestro planeta. Sin embargo, éste recurso 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).

El principal problema del deterioro del suelo, es que el uso que se le da y el manejo que recibe, no siempre va de acuerdo con el conjunto de características y propiedades y mucho menos de los procesos que le dieron origen. Aunado a esto esta el constante incremento de la población, la deforestación acelerada, el cambio de uso de suelo y la introducción de tecnologías que lejos de beneficiarlo, deterioran más las propiedades edáficas naturales propiciando su degradación por erosión, salinización y sodificación. (Sandoval,1992).

En regiones áridas, cuya extensión es aproximadamente del 52.5 % del territorio nacional (COÑAZA,1994), los suelos son generalmente muy frágiles debido entre otras cosas, a la escasa vegetación que sustentan. No obstante un porcentaje elevado de la población de México depende de los recursos que les proveen estas tierras (SEDUE,1984). De este modo, dada su gran extensión e importancia generalmente desconocida, es importante lograr el mejor aprovechamiento de los suelos. Para tal efecto, es necesario contar con el conocimiento de los distintos tipos de suelo, sus propiedades y su distribución geográfica. Por lo que en este caso, la herramienta más útil para adquirir dichos datos son los estudios conocidos como levantamientos edafológicos, los cuales se realizan a diferentes niveles de precisión y detalle según la necesidad de información, las características de la región y la disposición de recursos técnicos, económicos y humanos. La utilidad de este tipo de estudios radica en la información que ofrecen para orientar el tipo de uso que se deba dar a los suelos, así como para seleccionar un sistema de manejo adecuado a la naturaleza del suelo (Moreno,1989).

Por otra parte, cuando se habla de sistemas terrestres se deben mencionar los problemas ambientales o productivos que pueden presentar. 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).

Una excelente forma para expresar, concretar y concentrar la información edáfica es con la ayuda de la cartografía, donde a través de representaciones gráficas se muestra la presencia y distribución de los tipos de suelos que ocurren en un espacio geográfico. Además, la nomenclatura edáfica situada en las cartas, proporciona información concreta sobre las propiedades de los suelos, con la cual se puede hacer una evaluación de su condición y poder así proponer estrategias de manejo y conservación de acuerdo a su vocación natural y al uso que se le esté dando (Lillesand y Kiefer, 1979).

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, ayudando al análisis e integración de ellos, promoviendo así la predicción de eventos y toma de decisiones (Ponce-Hernández, 1993).

Los primeros intentos para manejar los datos geográficos por medio de computadoras e integrar nuevos mapas como se hacía de forma tradicional, fue a finales de la década de los 50 y continuó en la de los 60. Los primeros intentos para hacer cartografía empleando computación fue el Sistema de Información Geográfica de Canadá. Al mismo tiempo se desarrolló un sistema de información geográfica en el estado de Nueva York en los Estados Unidos. Ambos sistemas tenían por finalidad hacer inventarios. También En los 60 en el Harvard Graphics Laboratory crearon programas de análisis espacial como es el SYMAP GRID y los primeros programas de IMGRID. Los programas elaborados en Harvard contaban con gran velocidad y flexibilidad, esto dio un mejoramiento en el manejo de los datos. Se podía con estos programas formar una base de datos con eficiencia para guardarlo y ponerlo al día, resultando en una base de datos siempre cambiante, con lo cual se abarataron los costos para recabar datos y para proponer planes alternativos.

El GIS (Sistema de Información Geográfica) tardó en generalizarse debido a los altos costos de la computación y además a que no se había desarrollado en hardware adecuado; en la década de 1970 y 1980 comenzaron a generalizarse las computadoras personales, que resultaron adecuadas para el manejo de datos geográficos; estas computadoras facilitaron el gran adelanto en el manejo de los datos espaciales y se desarrollaron más GIS.

Los nuevos mapas que están diseñados por computadora comprimen una gran cantidad de información, que se presenta como: a) puntos, se trata de la localización de un fenómeno, podría ser una ciudad; b) líneas, consiste en un set ordenado de puntos conectados como podría ser la isolínea de altura o algo que técnicamente no tiene ancho, como es una línea fronteriza, la costa, una carretera, etc.; c) polígonos (para señalar áreas) cada uno debe llevar un código numérico que da el valor descriptivo, el área es una región incluida dentro de una línea, en el GIS esto se representa por un polígono, que es una figura plana limitada por líneas rectas (Hernández, 1997).

Particularmente el Valle del Mezquital, área de estudio para el presente trabajo, es una región enclavada en la porción centro occidental del Estado de Hidalgo, económicamente es importante y relevante en cuanto a su producción agrícola; también destaca por su riqueza ecológica y por la diversidad de los recursos naturales que tiene. Sin embargo, actualmente tal y como ocurre con otras regiones del País, enfrenta una crisis ambiental aguda consecuencia en parte del desmedido crecimiento demográfico, el mal uso y la sobreexplotación del suelo. Es así que surge la necesidad de generar información edafológica actualizada que contribuya a lograr una mejor planeación del uso del suelo de la región (Muñoz y López, 1997).

Por lo que el objetivo principal de este trabajo es obtener e integrar información cartográfica y de parámetros físicos y químicos existentes del recurso suelo en la porción sur del Valle del Mezquital, mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica. Pretendiendo con esto hacer una clasificación taxonómica, que sirva de base para futuras investigaciones dirigidas a la restauración, conservación y aprovechamiento racional de los suelos.

2. JUSTIFICACIÓN

Las zonas áridas de México representan grandes extensiones con un vasto potencial de recursos naturales; que no se han sabido comprender ni mucho menos aprovechar racionalmente, este desconocimiento ha generado la sub-utilización y la sobreexplotación de los recursos. Esto ha originado una crisis ambiental de grandes dimensiones, que se manifiesta por la baja producción de los sistemas naturales y artificiales que se establecen en estos lugares. El suelo es uno de los primeros elementos naturales que reciben el impacto negativo de la degradación del ambiente. Particularmente la degradación del suelo se refiere a los procesos físicos, químicos y biológicos que disminuyen la utilidad del suelo (AG/UNEP, 1987). La pérdida del suelo y el incremento de las condiciones de aridez, son los principales mecanismos promotores del fenómeno de la desertificación, misma que actualmente se encuentra extendiéndose por todo el planeta provocando la pérdida irreversible del suelo y la vegetación.

Uno de los principales obstáculos que se tienen en México para poder realizar un manejo adecuado de las zonas áridas y poder así establecer programas congruentes que permitan conservar y restaurar ambientes degradados, es la carencia de información de los suelos, sobre todo de información actualizada, georeferenciada y representada cartográficamente, que satisfaga completamente las necesidades que se requieren para poder realizar diversas investigaciones del medio físico como son: inventarios de recursos, diagnósticos, estudios ecológicos y biogeográficos, ordenamientos del territorio, programas de desarrollo rural, manejo de áreas protegidas, deterioro ambiental, por citar sólo algunos.

Por otra parte, la cartografía edafológica oficial del país en muchos casos es incompleta y obsoleta, ya que las cartas fueron elaboradas hace 30 o 20 años, cuando el nivel de conocimientos y el avance tecnológico eran mucho más limitados que en la actualidad. Otro problema que se da es que para muchas zonas, sólo hay cartografía edáfica de escalas muy pequeñas donde la información es sumamente general y poco precisa, imposible de utilizar para trabajos detallados. Este gran rezago cartográfico que se tiene en México es hasta cierto punto explicable, en el sentido que el territorio nacional es muy grande, complejo y heterogéneo, amén de la falta de recursos humanos capacitados para estas tareas, falta de infraestructura, equipo moderno y sobre todo de recursos económicos.

Por lo tanto resulta de gran importancia realizar investigaciones que aporten información básica acerca de los suelos existentes en una región, así como su distribución, características, propiedades y grado de deterioro. Por otra parte esta el hecho de que para elaborar esta información se hará uso de los Sistemas de Información Geográfica como herramienta inicial para el conocimiento e inventario de los suelos existentes; además de los análisis que con ellos se pueden realizar, lo cual puede arrojar datos muy valiosos para la posterior caracterización y evaluación 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.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Identificar y caracterizar los principales grupos de suelos que se presenten en el área de estudio.

3.2. Objetivos particulares

Caracterizar los suelos en cuanto a sus propiedades morfológicas, físicas y químicas.

Identificar taxonómicamente los perfiles edáficos de acuerdo con el sistema de clasificación FAO/UNESCO, 1998.

Elaborar la carta edafológica digitalizada escala 1: 25 000, representando la distribución y extensión de cada unidad de suelo identificadas.

Contribuir al conocimiento de los suelos en el Estado de Hidalgo.

4. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1. Marco de referencia

4.1.1 El suelo.

El suelo es un cuerpo natural tridimensional que constituye la capa superior de la corteza terrestre, que da sustento a las plantas y que tiene propiedades definidas debido al efecto integrado del clima, la materia viva y el relieve sobre el material originario, durante largos períodos de tiempo, (Moreno, 1989).

Los suelos por naturaleza se desarrollan como entidades definidas. Un suelo no es solamente la acumulación de residuos de un proceso destructivo, sino un cuerpo naturalmente desarrollado en donde han intervenido varios procesos que ocurren con tasas diferentes y en formas distintas para producir diversos suelos con características distintas. Los factores, cuya interacción, determina el tipo, tasa y grado de desarrollo del suelo son: clima, organismos, material parental, topografía y tiempo (Foth, 1985).

Para estudiar, describir y muestrear un suelo se delimita de forma arbitraria un volumen mínimo. El Soil Survey Staff del Departamento de Agricultura de E.U. (USDA), utiliza como unidad mínima de descripción y muestreo, el edafón, que representa el volumen más pequeño de suelo que puede reconocerse en el campo como un individuo tridimensional que se puede observar, describir y muestrear en cada uno de sus horizontes (Porta, 1994). En la práctica muy pocas veces se puede estudiar un edafón completo, por lo que se hace uso del perfil de suelo, el cual se define como una exposición vertical de una porción de la corteza terrestre, que incluye todas las capas que han tenido alteración pedogenética durante el período de formación del suelo (S.S.S., 1951). Por él conocemos la variación vertical de las características de los suelos, pero no la variación horizontal, a pesar de lo cual es la unidad práctica de observación y estudio.

Cada una de las capas que constituyen el perfil del suelo se denominan horizontes y se definen como capas aproximadamente paralelas a la superficie que se diferencian porque poseen un conjunto de propiedades con características cualitativas y cuantitativas distintivas. Dichas propiedades son producto de los procesos formadores del suelo y son semejantes en todo el volumen que ocupa el horizonte. Los horizontes se designan por medio de letras mayúsculas y minúsculas, que deben servir para traducir de qué es portador el horizonte, es decir, la posición que ocupa, el proceso genético preponderante en su formación y alguna característica o propiedad destacable. Cada uno de los horizontes será descrito por medio de sus rasgos morfológicos, cuyo estudio permite reconstruir los procesos edafogenéticos, las condiciones del medio y en muchos casos interpretar o predecir el comportamiento de las plantas y la respuesta del suelo frente a actuaciones tecnológicas o cambio de uso. Entre dichos caracteres o rasgos se encuentran: humedad, color, textura, estructura, consistencia, porosidad, materia orgánica y pH (Nery, 1976).

4.1.2. Levantamientos de suelos.

Los levantamientos de suelos son metodologías para estudiar y describir sistemáticamente el recurso suelo. Tienen por objeto el mostrar las características de los diferentes suelos de un área específica, zona o región, su relación con otros factores físicos y culturales del paisaje y su distribución geográfica (Ortiz y Cuanalo, 1981).

Kellog (1977, *In*: Ortiz y Cuanalo, 1981) indica que los levantamientos proveen un apoyo suficientemente exacto para propósitos específicos, entre los cuales podemos mencionar los siguientes: 1) La aplicación de la experimentación y los nuevos descubrimientos en el manejo de suelos y cultivos; 2) La planeación de la investigación agrícola y la aplicación o divulgación de sus resultados; 3) La zonificación rural y el manejo público de la propiedad; 4) La evaluación de trabajos de ingeniería, tales como carreteras, aeropuertos o control de inundaciones, drenaje o irrigación.

Así, por ejemplo, los levantamientos semidetallados corresponden al tercer orden; se realizan con una intensidad media de observaciones de campo; generalmente se ejecutan en zonas con alto potencial agropecuario y con algún grado de desarrollo. En el trabajo diario de campo se practica el mapeo libre con fotointerpretación ajustada. Los fines principales de estos levantamientos son determinar las unidades fisiográficas y su contenido pedológico para correlación a nivel nacional, servir como precursor de levantamientos de primero y segundo ordenes, especificar anteproyectos para fines catastrales y para la planeación del uso agropecuario de las tierras, también como base para recomendaciones generales de uso y manejo.

4.1.3. Cartografía.

La cartografía de suelos consiste en el reconocimiento, localización y representación en un mapa del tipo de suelos presentes en una región. Su objetivo es la realización de un mapa de suelos. Para ello se han de definir las diferentes unidades cartográficas de una determinada región y delimitar las extensiones geográficas que ocupan. Por tanto, un mapa de suelos representa la distribución de los tipos de suelos en el paisaje. Dada la compleja distribución de los suelos, es necesario distinguir varias clases de unidades cartográficas.

CONSOCIACIONES. Son unidades sencillas, constituidas por una sola clase de suelo.

ASOCIACIONES. Se trata de unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, en las que es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje. Si la escala del mapa fuese más grande se separarían en varias unidades cartográficas.

GRUPOS INDIFERENCIADOS. Unidades complejas, conformadas por más de una clase de suelo, que se presentan íntimamente asociados y en las que no es posible establecer las pautas de distribución en el paisaje.

La unidad cartográfica muestra la localización geográfica específica que ocupa un suelo y la ubicación de sus límites con otros suelos. La unidad de clasificación nos indica, por medio de

un nombre, la ocurrencia de suelos semejantes o muy parecidos en diferentes localidades geográficas (Ortiz y Cuanalo, 1981).

Desde el punto de vista de la connotación cartográfica de los suelos en la carta, se tienen a los suelos nominales que son los que configuran el nombre de la unidad. Son los suelos dominantes y deben de representar, al menos, del orden del 75 % (aunque en zonas muy heterogéneas o con escalas muy pequeñas este valor se reduce hasta el 50 %). Además de estos también están las inclusiones que representan a suelos ocasionales dentro de la unidad nominal, estas inclusiones no ocupan más del 25 % del área.

4.1.4. Los sistemas mundiales de clasificación de suelos.

El propósito fundamental de una clasificación de suelos es el levantamiento ordenado de los suelos del mundo para tener un mejor conocimiento de los mismos y sus relaciones (Smith en De Bakker, 1970). Los primeros intentos para clasificar sistemáticamente al suelo aparecieron en China durante el reinado de la dinastía Yao (2357-2262 a.C.), los suelos fueron agrupados en nueve clases según su productividad (Ortiz V. y Ortiz, 1980).

Dokuchaev (1883), explica que los suelos son el resultado de relaciones complejas de factores ambientales, en lo particular del clima, plantas, animales, roca madre, relieve y edad de los paisajes. Posteriormente, publicó varios artículos sobre la formación de suelos y donde propone clasificarlos de acuerdo a sus propiedades y a los factores que los forman. Con estos nuevos conceptos y fundamentos se da inicio a la actual ciencia del suelo (Cortés, 1982).

La clasificación francesa de suelos se basa en el grado de evolución de los perfiles (AC--A(B)C--ABC), la (B) indica un horizonte B de color claro, con acumulación de arcilla. Esta clasificación toma en consideración características de todo el perfil destacando las modificaciones, el tipo de humus, el "complejo de adsorción", la estructura y la humedad; se realzan algunas propiedades debidas a las condiciones hidromórficas, que se reconocen en el nivel categórico más elevado; por último se toma en cuenta el grado de traslocación de partículas de arcilla que se utiliza para diferenciar las clases en las categorías inferiores (Buol, 1981).

La escuela francesa, basándose en diferentes aspectos relativos a los procesos de alteración y a la evolución de los suelos, ha elaborado una clasificación que presenta un esquema bastante complejo de los suelos, sin embargo, no llega a dilucidar todos los procesos y fenómenos que intervienen en su formación (Cairo y Fundora, 1994).

En Bélgica la cartografía de los suelos se ha efectuado sobre bases intensas y detalladas, lo cual se refleja en su clasificación de suelos. Las series principales son las unidades primordiales de cartografía y taxonomía, definidas mediante la textura del suelo, el tipo de drenaje y el desarrollo de perfiles que toma en cuenta el material orgánico y los sedimentos de loess. El desarrollo de perfiles se reconoce en varias clases, según la expresión de las secuencias: AC,A(B)C, ABC, donde (B) se refiere a un Horizonte cámbico (Buol, 1981).

La escuela norteamericana planteó la clasificación denominada Soil Taxonomy, que es un sistema de clasificación de suelos propuesto por el Soil Survey Staff de Estados Unidos, que

consta de once ordenes designados para contener todos los suelos del mundo. Establece seis niveles jerárquicos de homogeneidad creciente entre los suelos incluidos en cada una de ellos: Orden, Suborden, Gran grupo, Subgrupo, Familia y Serie de suelos. El Orden agrupa a suelos similares separados por sus características morfológicas visibles (ver Cuadro 1). Los niveles inferiores en este sistema taxonómico se basan en el clima, espesor del perfil, acidez, mineralogía y otras propiedades del suelo y del medio. El nivel más detallado es la Serie de suelos, la cual consta de un concepto central, un pedon típico, así como un rango de propiedades cuidadosamente definidas, tales como clases, número y espesor de los horizontes, color y textura (Singer y Munns, 1992).

ORDEN	CARACTERÍSTICAS DE DIAGNÓSTICO
Entisol	Suelos simples, sin horizontes de diagnóstico que no sean ócricos, antrópicos, álbicos o árgicos
Inceptisol	Suelos con mínimo desarrollo, poca o ausente acumulación de arcillas, no espódico, sódico, petrocálcico, plintita; pero tiene horizontes cámbicos o hísticos
Aridisol	Suelos de regiones secas, ócricos o arcillosos; pero no óxicos o espódicos
Vertisol	Suelos sin horizontes de diagnóstico con más de 30% de arcillas a 1 metro o a gilgai de contacto lítico o paralítico, o agregados en forma de cuña o de lados lisos
Mollisol	Suelos profundos, blandos, mólico pero no óxico
Alfisol	Todos los demás suelos minerales, excepto óxicos, con acumulación de arcillas, no muy lixiviado
Espodosol	Suelos con acumulación de hierro
Ultisol	Suelos con acumulación de arcillas, con temperatura media anual menor de 8°C, saturación de bases inferior a 35% a 1.25 m bajo la capa arcillosa superior o 1.8 m bajo la superficie, muy lixiviado
Oxisol	Horizonte óxico, extremadamente lixiviado; óxidos de hierro y aluminio, así como cuarzos
Histosol	Suelos oscuros, con más del 30% de materia orgánica
Andosol	Suelo mineral cuyo material parental son vidrios volcánicos

Cuadro 1. Clave simplificada de órdenes de suelos modificada de Buol *et al*, 1981 y Singer y Munns, 1992.

En la década de los años 60, la FAO/UNESCO propone un sistema de clasificación fue diseñado con el propósito de realizar el inventario de suelos del mundo. La nomenclatura introducida ha procurado conservar los principales términos tradicionales, ya sea de origen popular o bien de clasificaciones anteriores, actualmente en desuso. En otros casos introduce denominaciones nuevas que tienden a ser autoexplicativas (Porta, 1994). Este sistema está constituido por dos categorías, la Unidad y la Subunidad y para definir las fue necesario

considerar horizontes de diagnóstico, algunos de los cuales son los mismos que los del sistema americano.

La Leyenda Original del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO estuvo compuesta por 26 unidades y 106 subunidades. La versión 1988 comprende 28 unidades y 153 subunidades. Estas unidades de suelos no corresponden a categorías equivalentes en distintos sistemas de clasificación, aunque generalmente son comparables al nivel de Grandes grupos de la Taxonomía de suelos (Ortiz et al, 1994). El sistema FAO/UNESCO difiere de los sistemas taxonómicos de suelos, ya que sólo es una listado de unidades de suelo que no están agrupadas en diversos niveles de generalización, además toma en cuanto a los procesos pedogenéticos primarios y secundarios que producen los rasgos característicos del suelo (Buol, 1981).

Por otra parte en Cuba, Cairo y Fundora (1994) han desarrollado dos tipos de clasificación basados en los sistemas soviético, norteamericano y europeo, son los que a continuación se describen:

-Clasificación morfológica de los suelos.

Se basa en los principios de la agrología americana, la cual agrupa a los suelos por familia, serie, tipo y fase. La serie es la unidad básica de la clasificación, pues establece los valores agrícolas comparativos y las leyes de la distribución geográfica de los suelos (ver Cuadro 2).

-Clasificación genética de los suelos.

De esta existen varias versiones: la primera utiliza las categorías de gran grupo, subgrupo, género y especie, donde la especie es la unidad básica. La segunda y tercera versión incluyen las categorías de agrupamiento, tipo, subtipo, género, especie y variedad, donde la especie es la unidad principal de clasificación empleada en la cartografía a escala detallada (ver Cuadro 2).

CLASIFICACIÓN MORFOLÓGICA	CLASIFICACIÓN GENÉTICA PRIMERA VERSIÓN	CLASIFICACIÓN GENÉTICA SEGUNDA Y TERCERA VERSIÓN
<p>FAMILIA Agrupación de series semejantes de suelo. Su función es destacar las características y relaciones entre dichas series.</p>	<p>GRAN GRUPO Aquel en el que la formación está determinada por procesos similares y por semejanza en las etapas de desarrollo del suelo, algunos abarcan más de un tipo genético.</p>	<p>AGRUPAMIENTO Agrupa tipos de suelos que tienen en común el proceso principal de formación y grado de evolución, de acuerdo con la interrelación de los factores de formación de los mismos.</p>
<p>SERIE Agrupación de suelos con horizontes genéticos similares, características esenciales semejantes (excepto en la textura del horizonte A) y con ordenamiento natural específico en el perfil genético del suelo. En su descripción influye la relación completa de sus características morfológicas, sus propiedades externas y sus variaciones.</p>	<p>SUBGRUPO Representa los suelos transicionales entre los grandes grupos y las diferencias o semejanzas entre estos. Se diagnostica con base en procesos adicionales o secundarios aparte del proceso principal de formación.</p>	<p>TIPO Es la unidad taxonómica básica, comprende suelos desarrollados en condiciones bioclimáticas e hidrológicas similares, que presentan un mismo proceso de formación con un grado de desarrollo análogo.</p> <p>SUBTIPO Refleja las formas cualitativas de manifestación del proceso de formación de los suelos.</p>
<p>TIPO Unidad básica para la investigación agrícola y la cartografía detallada del suelo. Se designa con el nombre de la serie a la que pertenece y el tipo de textura de la capa arable.</p>	<p>GÉNERO Representa la unidad dentro del subgrupo, las diferencias entre cada una se basan en factores como el material de origen, topografía, procesos coluviales y aluviales.</p>	<p>GÉNERO Está determinado por la manifestación particular de la formación de los suelos en relación con las características del material parental, por la composición de las aguas subterráneas o por índices de estados anteriores de desarrollo.</p>
<p>FASE Se funda en características del uso agrícola, p. ej., fase pedregosa, fase gravillosa, fase polvillo, fase profunda y fase poco profunda.</p>	<p>ESPECIE Unidad básica de esta clasificación, para su diagnóstico se toma en cuenta el grado de desarrollo, así como los cambios y diferencias que tienen lugar en el perfil correspondiente.</p>	<p>ESPECIE Unidad principal de clasificación empleada en la cartografía a escala detallada, toma en cuenta los índices más sustanciales de los horizontes genéticos en relación con el proceso de formación característico. Se define por grado de humificación, salinidad, lavado, gleyzación y profundidad.</p>
		<p>VARIEDAD Unidad definida por el análisis mecánico de las fracciones, porcentaje de pedregosidad superficial y gravillosidad.</p>

Cuadro 2.- Sistemas de clasificación morfológica y genética de los suelos en Cuba.

4.1.5. La clasificación de suelos y tierras en México.

El conocimiento de los suelos en México se remonta a la época prehispánica con las civilizaciones Maya y Azteca, de las que existen reportes sobre la existencia de una nomenclatura y caracterización de tierras representadas en códices por medio de glifos. Actualmente, diferentes grupos étnicos conservan aún los nombres originales de sus tierras, nombres que no son únicamente un lenguaje sino que tienen un fin utilitario pues guardan relación con aspectos como los cultivos que pueden ser adaptables, las labores de cultivo a realizar, abonos y métodos de recuperación (Pájaro y Ortiz, 1989).

En la época del imperio azteca, se tenía ya un uso planificado de la tierra y un claro conocimiento sobre la calidad de los suelos, conocían perfectamente el número y localización de estas, además de llevar registros pictóricos sobre tenencias de la tierra, llegando incluso a clasificarlas por sus características físicas como la presencia de hierbas caídas que las enriquecían, consistencia, textura, pedregosidad y producción. Luna (1982) indica que los tributos exigidos a los pueblos sojuzgados se basaban en la calidad de sus tierras. (Ortiz *et al.*, 1990).

Clasificación Nahua.

Williams y Ortiz (1981) mencionan que se conocían 45 clases de suelos con fines administrativos, de uso y manejo. Sahagún (1979) indica que, de acuerdo a la calidad de la tierra, los mexicas nombraban a cada una de ellas de la siguiente manera:

Atoctli, que significa tierra que el agua ha traído y se caracteriza por ser blanda, suelta y suave, donde crece bien el maíz y trigo.

Quauhtlalli, es también tierra fértil, donde crece muy bien el maíz y el trigo, es una tierra estercolada con maderos podridos, suelta, amarilla y hueca.

Tlacoztli, en tierra fértil su nombre indica tierra amarilla, el color de la tierra representa la fertilidad.

Xalatoctli, significa el agua la trae de los altos, es fértil, arenosa y suave de labrar.

Tlaxotlalli, es fértil, en ella las hierbas se vuelven estiércol y sirven de abono enterrándolas.

Xallali, indica arenosa y estéril, de poco fruto.

Tlalauiac, significa tierra suave porque la han abonado con estiércol.

Atlalli, indica tierras de agua o que se pueden regar.

Tepetlalli, significa tierra de cuesta.

Tetlalli quiere decir tierra pedregosa o cascajosa, se encuentra en los repechos de las cuevas, en ellas se hace bien el maíz.

Tequizquitlalli, es tierra donde se hace el salitre, es estéril.

Callalli, tierra donde ha estado edificada una casa y donde después se cava y se siembra, es fértil.

Williams (1994) menciona también que el conocimiento medioambiental de los indígenas de las civilizaciones Mesoamericanas, fue sistemático y complejo particularmente en el área de la agricultura. En la determinación de suelos, la existencia y atributos de una clasificación de suelos nativa puede ser inferida por medio de dos únicos códices Nahuatl de Teplaoztoc al este de la cuenca del Valle de México; estos códices se conocen como el "Código Vergara " y

"Códice Santa María Asunción", que datan de 1543 y 1544 d.C. Además de los tipos de suelos, los escribas nativos registraron otros atributos de los campos agrícolas, así como el papel que jugaron dichos suelos para la estructuración del establecimiento rural.

El tipo de suelo es indicado por glifos en la porción central del dibujo de la parcela correspondiente. El glifo está compuesto por un número limitado de elementos gráficos: punto, piedra, tapete, perforador de espina, tallo de maíz verde, ojo, agua y cerro. El glifo del suelo es la combinación de dos o tres de estos elementos; las diferencias detalladas se expresan por la forma y tamaño de las rocas, ángulos de las espinas y posición de los puntos en el dibujo, dando así 104 variantes.

Las variantes de grupo dentro de las 19 taxas a los tres niveles taxonómicos son: siete géneros, nueve especies y tres variedades. Los suelos más productivos fueron el aluvión (*atoctli*), la arcilla (*tezoquitl*), amarillo (*tlalcoztli*) y arenoso (*xalalli*), los menos productivos serían el tepetate (*tepetatlalli*), el de ladera de cerro (*tlaixtli*) y el pedregoso (*tetlalli*).

El símbolo *calli* (casa) indicaba la ubicación del huerto familiar y estaba acompañado del nombre del dueño del terreno. En el códice se observa que el cultivo de maguey predominaba en los piemontes de los cerros, como sucede actualmente. Los huertos familiares, uno de los dos sistemas, se encontraban típicamente adyacente a la casa en los suelos más productivos y se manejaban intensivamente; la Milpa es el segundo elemento, se encontraba lejos de la casa y se manejaba menos intensivamente.

Clasificación Maya.

Con relación a la terminología maya, Hernández X. (1959), indica que no representa una clasificación pedológica, pues no da una idea clara de los fenómenos a largo plazo, pero sí refleja relaciones importantes entre los factores suelo y sistema de cultivo-producción de maíz.

De igual forma, Robles (*In: Quiroz, 1983*), menciona que los vocablos mayas generalmente explican la situación del suelo en el relieve, algunas propiedades de este como color, cantidad de materia orgánica, presencia de óxidos de hierro, drenaje, pedregosidad, así como relaciones con la lluvia y el rendimiento agrícola cualitativo. Carter (*In: Cervantes, 1988*) reporta cuatro criterios en la clasificación tradicional de suelos en una comunidad indígena de Guatemala: color con ocho categorías, textura con diez, drenaje con cinco y contenido de raíces con una.

Pérez (1984) estudia y analiza la capa arable del suelo, comparando los parámetros empíricos empleados por el productor maya con el sistema FAO/UNESCO, concluyendo que la clasificación maya es más detallada. A continuación se enlistan los nombres que aún se conservan en las comunidades mayas:

Kancab, tierra roja amarillenta
Yaax-hom, Tierra fértil, siempre verde
Akalché, tierra pantanosa entre el monte
Pus-lu'um, tierra roja
Ed-lu'um, tierra negra
Pu'uc, Cerro, sierra o serranía

Clasificación Otomí.

La etnia otomí ya diferenciaba las clases de tierra tal como lo reporta Quiroz (1983) para el estado de Hidalgo:

Bohai, tierra negra

K'asthai, tierra amarilla

Ixhai, tierra salitrosa

Pehai, tierra lama

Bomuhai, tierra arenosa

Táxhai, tierra blanca

Xidohai, tepetate

Bondho, tierra pedregosa

En el México moderno, la tendencia durante los últimos 30 o 40 años ha sido adoptar con ligeras modificaciones clasificaciones de suelos de otros países. Hasta 1960 no existió ningún problema al respecto, porque todo el conocimiento fue copiado de los Estados Unidos. En los últimos años dos han sido los sistemas de clasificación más usados: el Sistema FAO/UNESCO, modificado por CETENAL (1970) y el sistema americano denominado Soil Taxonomy (1975), los cuales han provocado un gran número de discusiones sobre la adopción de uno de ellos a nuestro medio (Ordaz, 1986).

4.1.6 El sistema cartográfico de suelos.

El sistema cartográfico de suelos nos proporciona un número suficiente y tipos de unidades para poder caracterizar desde los suelos de un ejido o pequeña propiedad hasta los suelos de todo el mundo.

Las unidades cartográficas que se emplean en los levantamientos de suelos pueden agruparse en: 1) Simples, cuando se cartografían individualmente (Serie y Fase); 2) Compuestas, cuando se cartografían suelos asociados geográficamente (Complejo y Asociación de suelos); y 3) Indeterminadas, cuando en un levantamiento se cartografían algunas áreas que no han sido estudiadas, entre ellas tenemos a los suelos indiferenciados y a las tierras misceláneas.

4.1.6.1 Unidades simples.

La serie de suelos.

Se denomina serie de suelos a un grupo de suelos con horizontes similares tanto en su naturaleza como en su arreglo y desarrollados a partir de un mismo material litológico. Los suelos comprendidos dentro de una serie son esencialmente homogéneos en muchas características del perfil y en otras presentan heterogeneidad como en la pendiente, pedregosidad, grado de erosión, posición topográfica y profundidad de la roca, siempre y cuando estas últimas no modifiquen grandemente la naturaleza y disposición de los horizontes del suelo.

La fase de los suelos.

A pesar de que el concepto fase se ha ampliado y puede aplicarse a cualquier nivel categórico del sistema de clasificación, aquí será considerado únicamente como una "subdivisión de la serie en base a características que afectan el uso y manejo de los suelos". Las fases pueden diferenciarse en base al grado de pendiente, grado de erosión, contenido de piedras, textura superficial, salinidad, sodicidad y drenaje superficial.

4.1.6.2 Unidades compuestas.

El complejo de suelos.

Es una asociación muy intrincada cuyos miembros no pueden ser separados cartográficamente en los levantamientos detallados de suelos. Los constituyentes de esta unidad cartográfica de suelos pueden ser fases de la misma serie, fases de series diferentes o aún dos o más series.

La asociación de suelos.

Es un grupo de unidades de suelos nombradas y definidas, asociadas por lo general geográficamente, según una distribución proporcional y definida que pueden o no tener características similares. Es la unidad cartográfica principal de todos los mapas de escala pequeña.

4.1.6.3 Unidades indeterminadas

Suelos indiferenciados.

En ocasiones, resulta más adecuado mostrar 2 o más unidades de suelos similares que no presentan una asociación geográfica regular. Estas unidades cartográficas se denominan en términos de las unidades que las constituyen conectadas por la conjunción "y".

Tierras misceláneas.

Es una unidad cartográfica indeterminada, que se usa en áreas que tienen poco o casi nada de suelo, o que son casi inaccesibles para su examen ordenado, o donde por alguna razón no es posible estudiarlos.

4.2. Antecedentes

Para el área de estudio se reporta una gran variedad de trabajos de investigación, a continuación se presentan algunos antecedentes. Sobre todo aquellos que tienen mayor relación con el tema de la presente investigación.

Bravo en 1936 y González-Quintero en 1968 reportan listados florísticos, descripciones de los tipos de vegetación y aspectos ecológicos de todo el valle.

En 1938 la Comisión Geológica del Valle del Mezquital publica las memorias de estudios geológicos, agrológicos y florísticos (Blásquez, 1938). Por su parte, Garmendía (1948), estudia el álcali de los suelos de Ixmiquilpan.

La Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística presenta en 1966 un estudio denominado "Los Recursos Naturales del Valle del Mezquital", aquí se muestra una descripción de los principales recursos que se presentan en el valle.

INEGI en 1981 publica la carta edafológica escala 1: 1 000 000 y en 1985 las cartas edafológica, geológica, topográfica y de uso de suelo y vegetación escala 1: 250 000.

Quiroz en 1983, formuló una clasificación de tierras retomando las características o elementos de diferenciación empleadas por los otomíes, en dos sistemas terrestres del área.

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. Asimismo señalan, que se formaron de sedimentos vulcano-sedimentarios y rocas calizas, lutitas, basaltos, riolitas y andesitas. Las unidades taxonómicas que reportan son: Fluvisoles calcáricos, Regosoles eutrícos y calcáricos, Feozems háplicos y calcáricos, así como Litosoles y Rendzinas.

En 1987 Velasco realiza la clasificación y caracterización fisonómica del Valle del Mezquital.

López y Muñoz estudian la importancia y ecología de la relación suelo-vegetación, tanto en los valles de Ixmiquilpan y Actopan (1987) como en los municipios de Chilcuautla y Progreso (1989) y en 1991 realizan una evaluación de los recursos vegetales del Valle del Mezquital.

Velasco y Ojeda (1989) hicieron una reclasificación de los tipos de vegetación del Valle del Mezquital.

Hernández *et al.* (1990) en el Instituto de Geología de la UNAM evalúan la presencia de metales pesados en un área del Distrito de Riego 03 Tula, Hgo.

López y Muñoz (1991) hacen una evaluación de los recursos vegetales en el Valle del Mezquital, destacando la potencialidad de uso que tiene la vegetación.

Rzedowski y Calderón (1993) publican una contribución importante al conocimiento de la flora de Hidalgo.

Hernández (1994) elaboró la cartografía de uso potencial agrícola, pecuario y forestal en el Valle del Mezquital a escala 1:50,000.

López *et al.* (1994) realizaron un estudio sobre la planeación regional del Valle del Mezquital, en donde proponen alternativas de manejo de recursos con acciones de conservación y preservación para el mejoramiento de los recursos naturales.

Muñoz (1997) presenta un diagnóstico del uso del suelo en el Alto Mezquital, donde menciona que la principal actividad es la agricultura, misma que tiene una gran rezago debido a problemas de desorganización de los productores, falta de asesoría técnica y problemas de degradación de suelos.

Aguilar (1999) quien realiza una propuesta de ordenamiento ecológico en el municipio de Santiago de Anaya, presentando un diagnóstico de la problemática socioeconómica y ambiental, además de presentar un plan de zonificación ecológica.

Muñoz (1999) realizó un estudio cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital, donde se destaca la relación entre los tipos de suelos y el uso que presentan.

Delgado (2000) hizo un levantamiento edafológico semidetallado del territorio de la comunidad del Dexthí, Alto Mezquital, identificando 4 grupos mayores de suelo y 6 unidades, elaborando 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.

Hernández (2001) aplicó un sistema de información geográfica para la integración y análisis de la información edáfica existente en el Alto Mezquital. Además elaboró algunos modelos comparativos de erosión potencial.

Temas relacionados con problemas ambientales:

Velázquez y Hernández (1988) evaluaron el contenido de metales pesados en el suelo, para establecer el efecto del uso de aguas residuales sobre el rendimiento y calidad de los productos agrícolas en el Distrito de Desarrollo Rural de Mixquiahuala, Hgo.

La Comisión Nacional del Agua (1991) evaluó los efectos de la irrigación con aguas residuales, contaminación de suelos y sus repercusiones en la agricultura.

Mendoza y Cortés (1994) realizaron una caracterización fisicoquímica y evaluación toxicológica utilizando bioensayos en agua, suelo y sedimento en el Distrito de Desarrollo Rural 063, encontrando altas concentraciones de sodio y metales pesados.

5. METODOLOGÍA

IZT.

La secuencia metodológica realizada fue la siguiente:



Primera etapa (trabajo de escritorio)

En esta se procedió a recopilar y revisar la bibliografía temática, así como la información cartográfica correspondiente, se analizaron imágenes de satélite de diferentes bandas multiespectrales tanto en blanco y negro como en falso color, escala 1:250 000; así mismo, se llevó a cabo una fotointerpretación sobre fotografías aéreas pancromáticas de escala 1: 25 000. Sobre estos materiales se regionalizó el área, identificando y delimitando los Sistemas y Paisajes Terrestres en cuanto a su forma, litología, vegetación, uso del suelo y patrón hidrográfico todo esto de acuerdo a la metodología de Ortiz –Solório y Cuanalo de la Cerda (1978). Es así como se determinó la forma y los sitios de muestreo en campo, se establecieron como mínimo dos puntos de verificación por cada Sistema Terrestre, dependiendo de la extensión y heterogeneidad de los Sistemas.

Segunda etapa (trabajo de campo)

De acuerdo a lo anterior se establecieron y abrieron 70 perfiles edáficos en campo, mismos que se cubrieron en 4 salidas, cada perfil fue descrito morfológicamente siguiendo los criterios establecidos por Cuanalo (1989), donde se toman en cuenta características como: color, compactación, cementación, estructura, consistencia, adhesividad, plasticidad, textura, contenidos de raíces y presencia de intrusiones y concreciones; finalmente se tomaron las muestras, una por cada horizonte.

Las muestras obtenidas se trasladaron al laboratorio de Edafología de la FES Iztacala, para su posterior análisis. En el formato de campo se hicieron todas las anotaciones de importancia, como ubicación, referencias geográficas, vegetación, uso del suelo, topográfica, erosión, pendiente, altitud, grado de alteración, entre otras.

Tercera etapa (trabajo de laboratorio)

Una vez en el laboratorio a las muestras se les practicó el análisis físico y químico requerido para su identificación taxonómica, las propiedades que se evaluaron son:

Parámetros físicos:

- a) Color del suelo por la técnica de comparación con tablas de color (Munsell, 1975).
- b) Textura por el método del hidrómetro (Bouyocos, 1962).
- c) Densidad aparente, con el método volumétrico (Baver, 1963).
- d) Densidad real, por el método del Picnómetro (Aguilera, 1980).
- e) Estructura, porosidad y consistencia por métodos cualitativos (Cuanalo, 1981).

Parámetros químicos:

- a) pH, empleando el método del potenciómetro (Bates, 1954; Wilard, Merrit y Dean, 1958)
- b) Materia orgánica por el método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico (Walkley y Black, 1947).

Todas las técnicas analíticas fueron tomadas del Manual de prácticas en Edafología de Muñoz, *et al* (2000).

Cuarta etapa (trabajo taxonómico y cartográfico).

En esta etapa se procedió a ordenar y sistematizar los resultados obtenidos, tanto en la etapa de campo como de laboratorio. Con esta información se procedió a identificar los suelos utilizando la clave del sistema de clasificación FAO/UNESCO 1998. Es así que los perfiles representados en las aerofotos y en el mapa base, fueron asociados con sus claves respectivas de identificación. Posteriormente se realizó una fotointerpretación definitiva, tomando en cuenta las relaciones y correspondencias de los tipos del suelo con los rasgos físico- bióticos del paisaje, estableciendo así los límites entre las diferentes consociaciones y asociaciones cartográficas. Esta información establecida sobre las fotos aéreas, fue restituida fotogramétricamente al mapa topográfico base de escala 1: 25,000, mismo que fue digitalizado, rasterizado y poligonizado por medio del sistema de información geográfica ILWIS versión 2.3.

Por último se elaboró la carta edafológica respectiva, con su texto asociado que es la presente tesis.

6. DELIMITACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

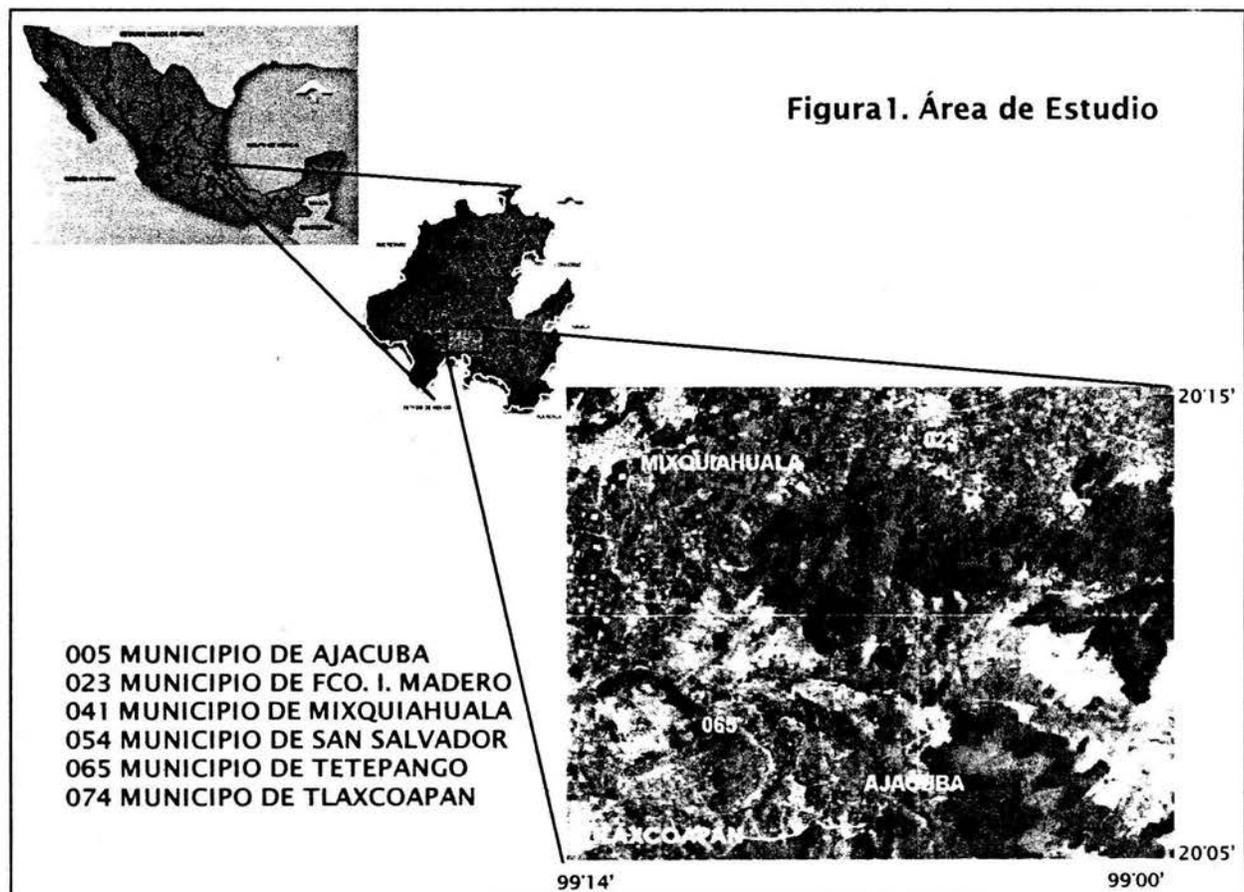
6.1. Localización geográfica y política

El área de estudio se localiza hacia la porción Suroeste del Estado de Hidalgo entre los paralelos $20^{\circ} 4' 38''$ y $20^{\circ} 15' 00''$ de Latitud Norte y los meridianos $99^{\circ} 00' 00''$ y $99^{\circ} 13' 46''$. El rango altitudinal va de 2560 msnm que corresponde al Cerro Peñas Coloradas, hasta los 2080 msnm en parte más baja es la zona del Valle. Desde el punto de vista de la división política, incluye parte de los municipios de Ajacuba, Progreso, Tetepango, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan y Mixquiahuala.

6.2. Superficie, límites y acceso

La extensión de la zona es de 47,468.38 Ha, limitando al Noroeste con el Municipio de Progreso, al Norte con los Municipios de Francisco I. Madero y San Salvador, al Este con los Municipios de Actopan, El Arenal y San Agustín Tlaxiaca, al Oeste con los Municipios de Tezontepec de Aldama y Tula de Allende, al Sur con los municipios de Atitalaquia y Apaxco de Ocampo que ya es municipio del Estado de México.

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. Otro acceso es a través de la Carretera Estatal No. 30 Tula-Ixmiquilpan, que pasa por los poblados de Mixquiahuala, Progreso y Chilcuautla (Fig. 1).



6.3. Fisiografía y geomorfología

La zona de estudio pertenece a la provincia fisiográfica del Eje Neovolcánico y a la Subprovincia de las Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo, que a su vez incluye 4 Sistemas Ecogeográficos, mismos que a continuación se mencionan.

Sistema Tlaxcoapan : Se encuentra esparcido por la mayor parte de la zona de estudio, exceptuando la parte central y noroeste comprendida por los municipios de Progreso y Mixquiahuala, así como la región sureste de Ajacuba. Presenta una geomorfología de plano valle, constituida por depósitos volcano-sedimentarios intercalados con flujos basálticos pertenecientes a la formación geológica Tarango.

Sistema Tecmatlán : Su localiza en la parte central de la zona de estudio entre las localidades El Mexe, San Juan Tepa y Tecmatlán. Es una pequeña sierra que se extiende en el sentido Este-Oeste, esta formada de rocas en línea y finas granulaciones, los conglomerados representan erosión de rocas volcánicas del Grupo Pachuca.

Sistema Tlapacoya : Se ubica hacia el sureste del poblado de Ajacuba, esta conformado por un sistema continuo de cerros y mesetas constituidas de rocas de la formación geológica Grupo San Juan, que consta de flujos basálticos y conglomerados compuestos de andesita y riolita.

Sistema Tepa : Comprende un conjunto de topofomas derivadas de flujos basálticos y domos extrusivos, se presenta formando algunas mesetas y cañones del Río Tula, aproximadamente a 5 Km al norte de Progreso y al noroeste por encima del Sistema Tecmatlán.

6.4. Geología

6.4.1 Geología histórica.

La historia geológica del Valle del Mezquital según Blásquez (1938) y Segestron (1962) 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 mesetas. Todos estos eventos modificaron considerablemente la geomorfología de la región, ya que renovaron el carácter de las montañas incrementando su altura y reduciendo la anchura de los valles. Los derrames por grietas transversales interrumpieron el drenaje y dieron lugar a la formación de lagos de mucha importancia. Los movimientos tectónicos y las fases eruptivas dieron lugar a nuevas fracturas radiadas, reticuladas e irregulares, por las que hicieron su aparición las últimas rocas efusivas.

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 la 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.

6.4.2. Formaciones geológicas.

En el área de estudio se detectaron las siguientes formaciones de acuerdo a Segerstrom (1962).

Grupo Pachuca: Se origina en el Terciario a principios del Mioceno en el Terciario y esta conformada por rocas ígneas alineadas en composición de basaltos, las rocas han sido subdivididas en 7 formaciones compuestas por andesita y una gran formación riolítica. Este grupo se forma de rocas en línea de finas granulaciones. Los conglomerados representan erosión de superficies volcánicas preexistentes, transportación y son característicos varios horizontes.

Grupo San Juan: Formado en el Plioceno, este grupo consiste de flujos basálticos, toba y conglomerados compuestos de andesita y riolita.

Formación Tarango: Originada a finales del Plioceno y principios del Pleistoceno, se compone de depósitos volcano- sedimentarios que contienen cristales extensamente esparcidos de calizas lacustres intercaladas con flujos basálticos en gran parte del área.

Basalto del pleistoceno y colado de lavas basálticas: los flujos basálticos han sido de conos y otros de domos extrusivos o lugares de extrusión de lava inactiva. La lava es evidentemente un flujo largo sucedido de uno inferior en el valle, el más alto fue el primero y el inferior fue posterior.

6.5. Suelos

Los suelos reportados para el área de estudio según la carta edafológica del INEGI (1980) son: Cambisol: suelos jóvenes y poco desarrollados, se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa que parece más suelo que roca, se localizan en el llano situado al oeste de la localidad de Santiago Tezontlale y al sureste de San Nicolás Tecomatlán.

Faeozem calcárico: se encuentra distribuido en gran parte de la zona de estudio, exceptuando la parte central de la misma, en el suroeste de Progreso de Alvarado y los llanos al suroeste de San Nicolás Tecomatlán.

Faeozem háplico: se localiza en la parte central y Sur de la zona de estudio. En las Sierras al Sur de Tepatepec, Norte de Tlaxcoapan, al Noroeste de Ajacuba y Sur de San Nicolás Tecomatlán, así también en los llanos localizados al Noroeste y Sur de los dos últimos poblados, y al Suroeste de Tlaxcoapan. El uso que tienen es principalmente agrícola; sin embargo, cuando se encuentran sobre relieves accidentados sostiene matorrales tipo crasicaule y espinoso.

Vertisol pélico: se encuentra presente en casi toda la zona de estudio, excepto al Norte de Mixquiahuala y Progreso de Alvarado, y Suroeste de Actopan.

Rendzina: se encuentra ubicados en la llanura al Este de Actopan y en la Sierra al Norte de Progreso de Alvarado y Tepatepec, y en los llanos situados al Noroeste de Ajacuba.

Litosol: se localiza en las Sierras del Norte de Progreso de Alvarado, al Sur de Tepatepec y Este de San Nicolás Tecomatlán, así también en las Sierras ubicadas al Suroeste de Ajacuba y en los llanos y laderas situados al Suroeste de Actopan y Sur de Santiago Tezontlale.

Regosol: se localiza en la Sierra ubicada al Norte de Progreso de Alvarado (Tuni) y en la Sierra al Sur de Ixcuquitlapilco.

6.6. Climatología

De acuerdo a Contreras (1955 *In*: González-Quintero, 1968); el clima que prevalece en el Valle del Mezquital es una consecuencia del patrón general de circulación de los vientos, de el efecto orográfico que impide el paso de nubes bajas al Valle y de la altitud que es la responsable de las temperaturas que imperan.

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. 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 E.E.U.U. y Canadá, los cuales alcanzan a afectar la zona, determinando neblinas y/o precipitaciones escasas. (Cuadro 3).

6.6.1 Datos climatológicos.

Para la caracterización climática, se considero la información de las estaciones meteorológicas de Ixmiquilpan, Tasquillo y de INEGI (1987). A la zona de estudio le corresponde el clima BS1kw (w) que es un clima semiseco templados, también se les denomina secos o áridos, con lluvias en verano, con un porcentaje de precipitación invernal de 5 y con verano cálido. La temperatura media anual es de 17.85 °C. Los meses más lluviosos son junio, julio, agosto y septiembre y los más secos son enero, febrero, marzo, octubre, noviembre y diciembre. Los más cálidos son, abril, mayo y junio, siendo los más fríos enero, febrero, noviembre y diciembre. Por lo tanto se presentan lluvias uniformemente repartidas o intercaladas, el cociente de P/ T es mayor de 22.9, el porcentaje de lluvias invernales fluctúa entre 0 y 10.2 del anual.

La precipitación promedio anual es de 508.8 mm., con un porcentaje de lluvias en los cuatro meses más lluviosos es de 77.7 y el porcentaje de lluvias en invierno es de 2.1. Presentándose un periodo denominado condición de canícula, que es una pequeña temporada menos lluviosa dentro de la estación de lluvias, llamada también sequía de medio Verano.

Cuadro 3. Datos de clima de la estación meteorológica Mixquiahuala con coordenadas de 20° 14' de latitud N y 99° 12' de longitud W, a 2050 msnm.

Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
T (°C)	13.7	15.7	17.6	19.2	20.0	19.6	19.0	19.1	18.4	17.0	15.6	19.3
P (mm)	9.7	5.5	9.3	26.3	60.3	84.0	91.9	77.0	82.0	39.4	15.9	7.5

T promedio = 17.85°C

P total anual = 508.8 mm

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.Hidrología

6.7.1. Hidrología natural.

La zona se localiza dentro de la Región Hidrológica 26, denominada del Pánuco, específicamente pertenece a la subcuenca del Río Tula, mismo que nace en el cerro de la Bufo en la Sierra de Monte Alto, Estado de México y que al penetrar al Estado de Hidalgo confluye con el Río Salado, que se conecta a través del túnel Zumpango-Tequisquiac con el gran canal del desagüe. De Mixquiahuala hasta Ixmiquilpan el río recibe pocos afluentes y sólo cerca del Mandhó es donde encuentra en confluencia con el río Actopan, después 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, próxima a Tlacuautla en el Valle de Actopan hasta Ocotzá.

En la planicie de Tula las aguas subterráneas que circulan hacia el noreste se acumulan al sur de las lomas basálticas de Tlahuelilpan. Las que no se acumulan circula hacia la barranca de Mixquiahuala dando origen a los numerosos acuíferos que se encuentran entre Tezontepec y Elba. Además existen manifestaciones acuíferas como las correspondientes a los manantiales Cantera y Ajacuba que demuestran la existencia de aguas que circulan en los estratos marinos que soportan los rellenos de los valles y que provienen de otras cuencas alimentadoras.

En la planicie de Tula existen acuíferos con aguas epifreáticas poco profundas como en los alrededores de Tlahuelilpan y Actopan; acuíferos epifreáticos profundos por Tetepango; acuíferos freáticos poco profundos por Mixquiahuala. La dotación de aguas para irrigación de la mayoría de los poblados, depende exclusivamente del aprovechamiento de las aguas del río Tula.

6.7.2. Distrito de riego.

El área de estudio queda comprendida dentro del Distrito de Desarrollo Rural 063 con sede en Mixquiahuala, cuyo origen data desde 1900 cuando se empezaron a recibir las aguas pluviales y residuales de la Ciudad de México y zonas conurbanas. Ante la falta de agua en el Valle del Mezquital, los campesinos han venido empleando estas aguas negras para regar sus cultivos. La superficie del Distrito de Riego comprende un área regable de 48 052 ha, que incluye parte de los municipios de Actopan, Atitlalaquia, Atotonilco de Tula, Chicutla, El Arenal, Ixmiquilpan, Mixquiahuala, Progreso, Santiago de Anaya, San Salvador, Tepatepec, Tepeji, Tepetitlán, Tetepango, Tezontepec, Tlaxcoapan, Tlahuelilpan y Tula.

Desde su inicio la superficie del Distrito de Riego se ha ido incrementando poco a poco, aún sin contar con un plan maestro. El desarrollo se ha dado principalmente por las presiones y exigencias de grupos políticos de campesinos y por las aportaciones crecientes de las aguas de desecho provenientes de la Ciudad de México y Zona Metropolitana, así como las aguas pluviales que provienen de la misma cuenca del Valle de México y la Cuenca Hidrológica del Valle del Mezquital.

6.8. Vegetación

Existen muy pocas referencias específicas de la vegetación del Valle del Mezquital, Ochoterena (1923) lo incluye dentro de las llanuras centrales de México, en particular sobre la Sub-región desértica del sur. Miranda (1964) considera que forma parte de la región árida Hidalguense que a su vez pertenece al extremo sur del Desierto Chihuahuense. El trabajo más completo para la zona lo realizó González-Quintero en 1964, donde siguiendo un criterio geobotánico y altitudinal reconoce los siguientes tipos de vegetación:

6.8.1. Matorral desértico aluvial.

Se distribuye en las partes de menor altitud del valle donde los suelos son profundos, actualmente este tipo de vegetación ha sido remplazado por la agricultura, quedado sólo pequeños manchones aislados ubicados rumbo al este y noreste, donde el riego no ha llegado todavía. Los dominantes fisonómicos de este tipo de vegetación son *Prosopis*, *Acacia* y *Celtis*.

6.8.2. Matorral crasicaule.

Es el tipo de vegetación con mayor presencia en el valle, se desarrolla sobre laderas riolíticas con suelos someros y pedregosos, pero llega a ocupar terrenos aluviales dando lugar entonces a comunidades en las que dominan ciertas especies subarbuscivas. Las especies dominantes son *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptacantha*, *Prosopis juliflora* y en algunos casos *Lemaireocereus dumortieri*. Como dominante fisonómico ocasional se presenta *Yucca filifera*, el estrato arbustivo no es mayor de 3 m.

López y Muñoz (1991) presentan un listado y descripción los tipos de vegetación relacionándolos con el tipo de roca y el rango altitudinal.

Substrato 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 crasicaules.
- 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 microphyla*.
- De 2000 a 1700 msnm, se extiende el matorral aluvial de *Prosopis* que se desarrolla sobre material aluvial ígneo poco consolidado.

Sustrato calizo:

- Desde 1700 a 1850 msnm, se localiza el matorral de *Sophora*.
- Desde los 1700 hasta los 1100 msnm, se encuentra el matorral de *Flourensia resinosa* y el matorral de *Karwinskia humboldtiana*.
- Desde los 1800 hasta 2600 msnm, se distribuye el matorral desértico calcícola.
- Desde los 2150 hasta los 2350 msnm, se establece el matorral de *Quercus microphyla*.

6.9. Sistemas productivos

Como ya se ha señalado la zona de estudio se dedica principalmente a la agricultura, teniendo un mayor porcentaje la agricultura de temporal y en menor grado la de riego. Entre los principales cultivos que se manejan en los sistemas de riego son: cebada, el frijol, el trigo, jitomate, alfalfa, maíz de grano, cebada de grano, avena forrajera y los pastos forrajeros. La mayoría de los productos cosechados son utilizados para ser vendidos en las zonas aledañas y transportados en muchos de los casos al D.F. para su venta. La modalidad agrícola que se practica aquí y comparándola con las del norte del país no esta tan mecanizada.

Entre los principales problemas que se presentan en la producción agrícola, están la falta de créditos para obtener maquinaria, la mala calidad del agua de riego (agua residual), que presenta un alto grado de contaminación orgánica; dicha agua es traída del D.F. a través del drenaje profundo que llega al río Tula y es repartida de éste a otros lugares. Por otra parte, la ganadería es la segunda actividad productiva importante, siendo el ganado bovino, ovino y las aves de corral los más abundantes.

7. RESULTADOS

7.1 RESULTADOS DE LA DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA Y CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA Y AMBIENTAL DE LAS UNIDADES DE SUELO IDENTIFICADAS EN LA ZONA DE ESTUDIO.

7.1.1. GRUPO MAYOR: FEOZEM (PH).

Unidades Feozem háplico (PHh) y Feozem vértico (PHv)

a) Definición.

Los Feozem son suelos que se encuentran bajo vegetación de pastizales y/o matorrales. El carbonato de calcio se encuentra normalmente ausente, pero la lixiviación no es tan intensa como para perder bases y nutrientes. Frecuentemente su color va de gris oscuro al gris y al pardo oscuro de los horizontes mólicos ricos en materia orgánica, sobre un horizonte cámbico y árgico. (ISRIC,1994). Son suelos que poseen un horizonte mólico y una base de saturación (por 1M $\text{NH}_4 \text{OAc}$) de 50 % o más hasta los 125 cm de profundidad y no poseen otro horizonte de diagnóstico que un árgico o cámbico en el sustrato” (ISRIC,1994).

Particularmente para la zona estudiada, se identificaron las unidades *háplico* (haplos = simple) y *vértico*, la primera se reconoce por que el suelo presenta una secuencia simple o normal de horizontes. (Ortíz- Solorio; 1994), es decir, sobre la superficie tienen un horizonte superficial mólico, que después de mezclar sus primeros 18 cm, contiene más de 0.6 % de carbono orgánico. Con colores oscuros, value menor a 3.5 en húmedo, excepto cuando presenta más de 40 % de material calcáreo finamente dividido, una estructura que no es masiva ni dura cuando seco, una saturación de bases (por Na_4OAc) mayor a 50 % y espesor mayor de 10 a 25 cm (Ortíz-Solorio, 1994). Por debajo de esta capa aparece un horizonte C normal, sin ningún atributo distintivo. La segunda unidad (*vértico*) se distingue en que debajo del horizonte mólico se presentan propiedades *vérticas*, las cuales se caracterizan por presentar altos contenidos de arcilla expandible, que en algún período en la mayoría de los años muestran grietas, caras de deslizamiento o agregados en forma de cuña o estructura paralelepípeda, sin llegar a ser calificados como Vertisoles (Ortíz-Solorio, 1988).

b) Distribución y superficie.

Los Feozem háplico se encuentran ampliamente distribuidos por casi toda la zona de estudio cubriendo una superficie de 1761.21 ha, que representa el 2.42 % del total del área. Específicamente hay una gran zona hacia el norte cerca del poblado de La Comunidad, municipio de Ajacuba y a 800 m aproximadamente al oeste del poblado de Jaguey Gomsudi, municipio de Actopan. También hacia el noreste se localiza otra gran zona que incluye gran parte del poblado de Puerto Chiquito, Santa María Amajac, Cerro Tuy, pertenecientes al municipio de San Salvador. Asimismo hacia el oriente se localizan cerca del poblado de San Isidro a unos 5 km al norte de los poblados de Huasca, San Agustín Tlaxiaca, municipio de Ajacuba. En la porción oeste se encuentra a unos 1.5 km al noroeste de la población de

Carrillo Puerto, a 3 km al sur de Mixquiahuala de Juárez, ambos poblados pertenecientes al municipio de Mixquiahuala; también abarca porciones del Cerro la Cruz, municipio de Tezontepec de Aldama. Al sur y suroeste se localizan en Ajacuba y cerca de Tlaxcoapan, también abarca grandes extensiones del Cerro de la Virgen ubicado en el municipio de Tetepango.

El Feozem vértico se encuentra indistintamente en la zona de estudio, principalmente en lugares planos y ligeramente ondulados, ocupando 11,823.51 ha que representan el 16.23 % del total del área. Este tipo de unidad se localiza principalmente en la región central del Valle del Mezquital, en los poblados de Teñhe, Ulupa de Ocampo, Cañada y El Tinaco; todos éstos en la porción oeste de la zona de estudio; en la zona norte se encuentra por los poblados de Morelos y Tepatepec; en el oriente cerca del poblado de Ignacio Zaragoza y en la zona sur en Ajacuba y Tetepango.

c) Uso actual y Vegetación.

Los Feozem dentro de la zona de estudio se utilizan principalmente para la agricultura, destacando la agricultura de riego que se da cerca de los poblados de Ajacuba, La Comunidad, Puerto Chiquito, Tlaxcoapan, Jagüey Gomsudi, Carrillo Puerto, Santa María Amajac, Cerro Tuy y Mixquiahuala de Juárez. Los principales cultivos que se manejan son: maíz (*Zea mays*), alfalfa (*Medicago sativa*), chile (*Capsicum sp.*), jitomate (*Lycopersicon esculentum*) y calabaza (*Cucurbita pepo*). La agricultura de temporal también es una de las alternativas de uso que se le da a el Feozem háplico, con cultivos anuales de maíz, frijol (*Phaseolus vulgaris*) y avena (*Avena faba*), estos cultivos se alternan con plantaciones de maguey (*Agave spp.*) y nopal (*Opuntia spp.*). En estas áreas la vegetación natural ha sido sustituida por vegetación secundaria y en algunos sitios se han construido barreras naturales compuestas por pirul (*Schinus molle*), maguey, mezquite (*Prosopis laevigata*), y nopal (*Opuntia spp.*) para limitar propiedades y caminos. Asimismo, de una forma alterna y secundaria se desarrolla una ganadería de bovinos y ovinos, que se alimenta de los subproductos de la agricultura.

En otros sitios donde no hay agricultura los Feozem presentan vegetación natural algo perturbada constituida por el matorral crasicaule, matorral subinermes y el matorral xerófilo; además existen algunas gramíneas en forma natural. Algunas de las especies encontradas en estos lugares son: *Opuntia miclaea*, *O. streptacanta*, *O. imbricata*, *O. tunicata*, *Agave crassispina*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Stenocereus marginatus*, *Prosopis laebugata*, *Tillandsia sp.*, *Jatropha dioica*, *Rhododendrum sp.*, *Karwinskia humboltiana* y *Acacia sp.* Los lugares donde aún persiste esta vegetación son normalmente cerros y lomas donde el relieve es irregular, el suelo delgado y pedregoso como en los Cerros de la Virgen y Emiliano Zapata.

d) Descripción ambiental.

El Feozem háplico se encuentra sobre una amplia variedad de formas, se les puede encontrar en las sierras, lomeríos, laderas e incluso planicies, en consecuencia los relieves pueden ser inclinados, planos y ondulados, con pendientes que van del 1 al 20 %, aunque la mayoría van del 1 al 4 %. El material parental de los Feozem esta constituido principalmente por sedimentos volcano-sedimentarios.

El Feozem vértico se representa principalmente sobre geoformas planas, con relieves planos y pendientes que van del 2 al 5 %, el material parental está constituido por sedimentos clásticos calcáreos mezclados con material ígneo. También se les detectó en laderas de cerros donde el relieve va de regular a cóncavo con pendientes del 14 al 30 %. El material parental predominante es ígneo.

e) Características morfológicas distintivas.

Morfológicamente todo el grupo posee dos horizontes en cada perfil, los cuales se identificaron como A y C, aunque en algunos casos se encuentran discontinuidades, horizontes de transición y subhorizontes.

El Feozem háplico se caracteriza por presentar un horizonte superficial A mólico, el cual es una capa superficial blanda, rica en materia orgánica y nutrimentos, los colores de las capas superficiales van de pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro en seco y de pardo muy oscuro a negro en húmedo. Es ligeramente compacto, de ligero a moderadamente plástico, ligeramente adhesivo, de consistencia friable, las texturas que se presentan varían de franco arenosa a franca, son de estructura poliédrica subangular fuertemente desarrollada y granular grumosa de tamaño mediano y moderadamente desarrollada. Las raíces van de finas a medias y son abundantes; se presentan abundantes intrusiones y la reacción a los carbonatos va de ligera a nula, el espesor de este horizonte varía entre 10 y 55 cm.

Para el horizonte C se observa que la coloración se encuentra entre el blanco rosáceo y pardo rojizo en seco y entre el pardo y el pardo oscuro en húmedo. La cementación va de ligera a nula, compacto o ligeramente compacto, de plasticidad media a ligera y adhesividad de ligera a nula, la consistencia va de friable a dura. La textura fluctúa entre arena franca a franco arcillo-arenosa, la estructura va de poliédrica subangular a condición masiva, intrusiones de ausentes a abundantes, las raíces de escasas finas a ausentes y de reacción ligera a violenta a los carbonatos, el espesor de este horizonte varía entre 19 y 36 cm.

El Feozem vértico de la zona se caracteriza también por presentar un horizonte A mólico de color en seco gris oscuro a pardo grisáceo muy oscuro, en húmedo va de pardo grisáceo oscuro a negro, la compactación varía entre suelto y compacto, de ligeramente plástico a muy plástico, de ligeramente adhesivo a muy adhesivo, la consistencia va de friable a firme, la textura de franca a franco arcillo-arenosa, con estructura tanto poliédrica subangular como granular grumosa. Presenta abundantes raíces de tamaño fino y medio, las intrusiones van de escasas a frecuentes que por lo general son de tamaño medio, la reacción a los carbonatos va de nula a ligera, el espesor de este horizonte varía entre 20 y 44 cm.

El horizonte C de los diferentes perfiles presenta colores que van del blanco rosáceo al pardo grisáceo en seco y del pardo pálido al pardo oscuro en húmedo, con cementación que van de ligera a moderada, compactación de nula a muy compactada, plástico y muy plástico, adhesivo. de consistencia de friable a muy firme, textura de franco arenosa a arcilla, estructura tanto poliédrica subangular como angular e incluso de condición masiva; cuando hubo raíces, estas fueron finas de escasas a frecuentes, las intrusiones de ausentes a frecuentes y la reacción

a los carbonatos fue de nula a violenta. La característica más distintiva de este horizonte es su textura arcillosa y su estructura poliédrica, el espesor de este horizonte varía entre 10 y 45 cm.

f) Propiedades físicas y químicas.

FEOZEM HÁPLICO

PROPIEDAD	HORIZONTE A	HORIZONTE C/R
Densidad aparente Mg m ⁻³	0.91 - 1.67	0.93 - 1.31
Densidad real Mg m ⁻³	2.27 - 2.70	2.66 - 2.72
Porosidad %	33 - 66	36 - 59
Materia orgánica %	1.04 - 3.96	0.49 - 2.79
pH relación 1:2.5 en agua	6.01 - 8.33	7.08 - 8.86

FEOZEM VÉRTICO

PROPIEDAD	HORIZONTE A	HORIZONTE C/R
Densidad aparente Mg m ⁻³	0.94 - 1.20	0.96 - 1.27
Densidad real Mg m ⁻³	1.95 - 2.63	1.97 - 2.68
Porosidad %	54 - 70	42 - 58
Materia orgánica %	1.53 - 5.38	0.20 - 1.95
pH relación 1:2.5 en agua	6.41 - 8.01	7.04 - 8.47

g) Génesis.

Los Feozem son suelos formados a partir de conglomerados constituidos por diversos fragmentos rodados ígneos, derivados de andesitas, basaltos y riolitas, pertenecientes a la Formación Pachuca del Terciario. El clima seco templado con estacionalidad marcada ha favorecido la melanización del horizonte superficial que junto con la naturaleza calcárea de la fracción mineral y la concentración de sales ha permitido la formación del horizonte mólico, distintivo del grupo Feozem. Por otra parte, la naturaleza ígnea del material parental y la abundancia de bases, ha determinado toda una secuencia morfológica que fluctúa entre los Vertisoles y Feozem, favoreciendo el desarrollo de la unidad Feozem vértico. Los Feozem es el resultado de la estabilidad geomorfológica de la zona.

h) Interpretación agrológica.

En general los Feozem presentan buena fertilidad por su contenido en materia orgánica en los horizontes superficiales. Si los suelos se encuentran sobre geofomas planas su aptitud agrícola es alta, sin embargo, cuando al profundidad efectiva del suelo esta limitada, disminuye la aptitud agrícola lo cual se da con mucha frecuencia en las zonas con relieve inclinado donde la pedregosidad es abundante. Por otra parte, es importante señalar que cuando los Feozem cuentan con riego pero el agua que se utiliza es de mala calidad, por lo que se tiene el problema del incremento de la salinidad y de la contaminación.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD Feozem háplico (PHh).**Perfil representativo: 6**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A ₁	0 - 11 cm	Horizonte de color pardo grisáceo oscuro en seco y negro en húmedo, ligeramente compacto, ligeramente adhesivo, plástico, de consistencia suave; no cementado, de textura franco arenosa, con estructura granular de tamaño medio, desarrollada, con raíces medias abundantes, sin concreciones, sin intrusiones, muy permeable y de reacción nula a los carbonatos.
A ₂	11 - 21 cm	De color pardo grisáceo oscuro en seco y negro en húmedo, compacto, ligeramente adhesivo, plástico, de consistencia suave; no cementado, de textura franco arenosa, con estructura granular de tamaño medio, desarrollada, con raíces medias abundantes, sin concreciones ni intrusiones, muy permeable y de reacción nula a los carbonatos.
C ₁	21 a 55 cm	Suelo de color blanco en seco y gris rojizo oscuro en húmedo, muy compactado, no adhesivo, ligeramente plástico, de consistencia dura; cementado, de textura areno-francosa, con estructura de condición masiva de tamaño medio, sin presencia de raíces, con concreciones, sin intrusiones, permeable y de reacción violenta a los carbonatos.

Cuadro 4. Esquema morfológico representativo de los Feozem háplicos de la zona de estudio.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD Feozem vértico (PHv).**Perfil representativo: 103**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A ₁	0 - 4 cm	Color pardo grisáceo muy oscuro tanto en seco como en húmedo, textura franco arenosa, con estructura granular poco desarrollada, de consistencia suelta; no compactada, no cementado, moderadamente plástico, poco adhesivo con raíces medias y gruesas abundantes, sin concreciones, con intrusiones de frecuentes a abundantes, de reacción nula a los carbonatos y permeabilidad lenta.
A ₂	4 a 15 cm	Color gris oscuro en seco y negro en húmedo, muy plástico, muy adhesivo, de consistencia firme, textura franco arcillo-arenosa, con estructura poliédrica subangular y granular grumosa débilmente desarrolladas, no cementado, con raíces finas, medias y gruesas abundantes, sin concreciones, con intrusiones frecuentes, de reacción nula a los carbonatos y permeabilidad lenta.
C ₁	15 a 29 cm	Suelo de color gris muy oscuro en seco y negro en húmedo, muy plástico, muy adhesivo, de consistencia firme textura franco arcillosa, con estructura granular grumosa fuertemente desarrollada, no cementado, con raíces finas abundantes, sin concreciones, con escasas intrusiones, de reacción nula a los carbonatos y permeabilidad lenta.
C ₂	29 a 37 cm	De color pardo grisáceo oscuro en seco y pardo oscuro en húmedo, plástico, adhesivo, de consistencia firme textura franca, con estructura poliédrica subangular y granular grumosa débilmente desarrollada, no cementado, con raíces finas, medias y gruesas abundantes, sin concreciones, con intrusiones frecuentes, de reacción nula a los carbonatos y permeabilidad lenta.

Cuadro 5. Esquema morfológico representativo de los Feozems vérticos detectados en la zona de estudio.



Figura 2. Perfil representativo de la Unidad Feozem vértico.

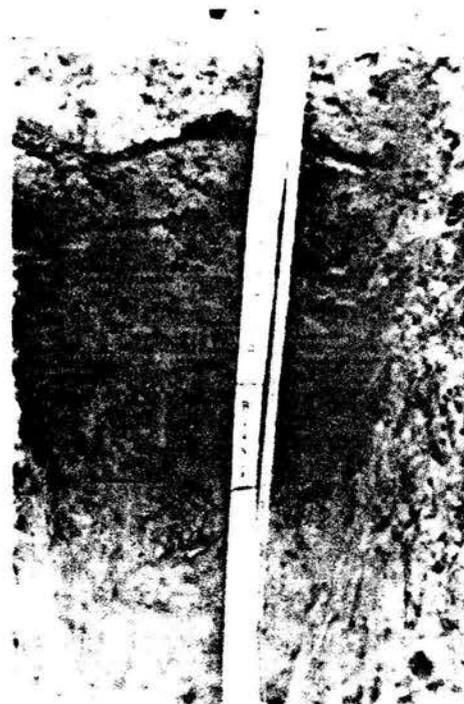


Figura 3. Perfil representativo de la Unidad Feozem háplico.



Figura 4. Panorámica del paisaje asociado al grupo Feozem.

7.1.2. GRUPO MAYOR: VERTISOL (VE)

Unidad Vertisol háplico (VEh).

a) Definición.

Se definen como “suelos que poseen un horizonte vértico que va de la superficie hasta los 25 a 75 cm de profundidad. Tienen, después de haberse mezclado los 20 cm superiores, 30 % o más de arcillas en todos los horizontes hasta una profundidad de 100 cm o más, o que contrasta con otro tipo horizonte (contacto lítico o paralítico, horizontes cementados hipercalcáricos o hipergypcico, duripan, discontinuidades litológicas o sedimentarias, etc.) entre los 50 y 100 cm. Desarrollan grietas de la superficie del suelo hacia abajo las cuales son, en algún período la mayoría de los años (a menos que sean irrigados o cultivados para conservar la humedad), por lo menos de 1 cm de ancho hasta una profundidad de 50 cm. (ISRIC, 1994) . Los Vertisoles son suelos arcillosos dominados por minerales de arcilla como la montmorillonita, esta se expande con la humedad y se contrae en seco. Su desarrollo es profundo, forman grietas en la superficie durante la época seca, estas grietas usualmente presentan una curvatura leve. Particularmente la Unidad háplico presenta una secuencia simple o normal de horizontes. (Ortíz-Solorio, 1994).

b) Distribución.

Esta unidad ocupa una extensión de 15,048.68 ha que corresponde al 20.66 % del total del área estudiada. Se distribuye en la mayoría de las planicies de los municipios de Mixquiahuala, Progreso, Tetepango y Ajacuba. También está presente en partes altas como en la Mesa del Gorrión , Cerro Crestón y cerca del poblado Emiliano Zapata.

c) Uso Actual y Vegetación.

En algunas áreas el uso que se le da al suelo es para la agricultura de riego, sosteniendo cultivos como: maíz (*Zea mays*), chile (*Capsicum sp.*), alfalfa (*Medicago sativa*), frijol (*Phaseolus vulgaris*). Otros lugares soportan agricultura de temporal sembrándose maíz y avena forrajera. Se puede mencionar que, como medida de conservación de suelos, en el área agrícola se forman barreras vivas en el límite de los cultivos, las especies más utilizadas para ello son: pirul (*Schinus molle*), agave (*Agave sp.*), mezquite (*Prosopis sp.*), nopal (*Opuntia sp.*). En el caso de los Vertisoles que se encuentran sobre la Mesa el Gorrión, se observó la presencia de matorral espinoso de *Mimosa biuncifera*.

d) Descripción general.

Esta unidad se presenta sobre planicies y escasamente en geofformas montañosas, declives o laderas; su relieve varía ligeramente de ondulado a plano con pendientes que van del 2 al 7 % en zonas planas y de 12 a 38 % en lugares accidentados. El material parental esta conformado de sedimentos lacustres y clásticos del terciario superior; también podemos encontrar basaltos al sureste del municipio de Mixquiahuala, Progreso y Ajacuba así como brechas ígneas en el Municipio de Tepatepec.

La mayoría de los sitios muestreados se ubican dentro de la formación Tarango y escasamente dentro de la formación Pachuca y San Juan. El clima es seco templado en toda la zona.

e) Características morfológicas distintivas.

Morfológicamente esta unidad posee dos horizontes en cada perfil, los cuales se identificaron como A y C. Todos los perfiles se caracterizaron por presentar horizontes superficiales de color pardo grisáceo en seco y pardo grisáceo muy oscuro en húmedo. Los horizontes más profundos variaron entre pardo grisáceo muy oscuro, pardo pálido a blanco en seco y pardo grisáceo muy oscuro a gris rojizo oscuro en húmedo. La estructura varía de poliédrica angular moderadamente desarrollada en los horizontes superficiales y en los horizontes más profundos predomina la poliédrica angular grande, media y fina fuertemente desarrollada, la compactación varía de ligera a muy fuerte. Son suelos plásticos o muy plásticos, de consistencia friable y firme en los dos horizontes. En los Vertisoles de las zonas accidentadas abundan intrusiones de tamaño medio y grande de origen ígneo. Las raíces van de escasas a frecuentes; la reacción al ácido clorhídrico es ligera. La textura de ésta unidad en todos los sitios de muestreo varía entre arcillosa, franco arcillosa y franco arcillo-arenosa, el espesor del horizonte A varía de los 10 a los 52 cm, mientras que el C varía en general de los 12 a los 63 cm, cabe hacer mención que el horizonte C se ve limitado por un horizonte petrocálcico.

f) Propiedades físicas y químicas.

VERTISOL HÁPLICO

PROPIEDAD	HORIZONTE A	HORIZONTE C₁	HORIZONTE C₂
Densidad aparente Mg m ⁻³	0.98 - 1.27	0.78 - 1.24	0.89 - 1.26
Densidad real Mg m ⁻³	2.23 - 2.99	2.11 - 2.81	1.76 - 2.79
Porosidad %	44 - 72	44 - 63	49 - 54
Materia orgánica %	1.10 - 7.90	0.47 - 3.27	0.06 - 1.87
pH relación 1:2.5 en agua	6.34 - 8.11	6.88 - 8.39	6.76 - 8.22

g) Génesis.

Los Vertisoles son suelos que se han formado a partir de materiales volcano-sedimentarios del terciario superior pertenecientes a la formación Tarango, este material es una mezcla compleja de minerales que se ha derivado de rocas como basalto, tobas andesíticas y material sedimentario calcáreo. Los Vertisoles se desarrollan en sitios planos o de pendientes suaves, por lo tanto los factores que actúan en la formación de éste suelo son los activos como el clima y los pasivos como en el relieve y el material parental, lo que permite la formación de arcillas expandibles, que son las que le dan el carácter distintivo a estos suelos.

Según Buol 1981 dos son los requerimientos importantes para la formación de los Vertisoles, primero una estación seca bien definida que provoca que el suelo se seque y agriete, lo que hace que el material superficial se pulverice y penetre entre las grietas mezclándose en el subsuelo. Cuando este material se humedece se expande y ejerce una presión provocando que las capas superficiales y subsuperficiales se inviertan, este ciclo se repite constantemente año con año, de ahí el nombre que reciben de suelos invertidos o Vertisoles. Por otra parte, existe

en el suelo un período de saturación completa con agua, lo que provoca la expansión de las arcillas y el cierre de las grietas produciendo anaerobiosis y condiciones de reducción que favorecen la acumulación de la materia orgánica. Durante la dilatación los agregados se deslizan unos contra otros en un efecto de cuña, desarrollándose una estructura de bloque angular y una superficie con microrelieve gilgai.

h) Interpretación agrológica.

En lo que se refiere a su capacidad agrícola, los Vertisoles son suelos muy fértiles y productivos, sin embargo presentan algunas limitantes físicas y químicas como son: permeabilidad lenta, drenaje deficiente, riesgo de inundación, agua de riego de baja calidad, riesgo de contaminación y compactación. Los situados en zonas de relieve accidentado se encuentran limitados por la pendiente, pedregosidad abundante y escasa precipitación.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD Vertisol háplico (VEh).
Perfil representativo: 27

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A _{1P}	0 - 6 cm	Color gris oscuro en seco y negro en húmedo, textura franco arcillosa, estructura poliédrica subangular muy fina, moderadamente desarrollada, consistencia dura en seco; compacto, adhesivo y plástico, no cementado. Presenta raíces abundantes finas y muy finas, con intrusiones escasas de tamaño medio, sin reacción a los carbonatos y con permeabilidad moderada.
A _{2P}	6 a 22 cm	Color gris oscuro en seco y negro en húmedo, textura franco arcillosa, estructura poliédrica subangular muy grande desarrollada. Suelo compacto de consistencia dura en seco, adhesivo y plástico, no cementado. Presenta raíces abundantes finas, no presenta intrusiones, de reacción nula a los carbonatos y con permeabilidad lenta.
C ₁	22 a 34 cm	Color gris oscuro en seco y negro en húmedo, textura franco arcillosa, con estructura poliédrica subangular fina y muy fina fuertemente desarrollada, compacto de consistencia dura en seco, adhesivo y plástico, no cementado. Presenta raíces escasas y finas, no hay intrusiones, de reacción ligera a los carbonatos y con permeabilidad lenta.
C ₂	34 a 72 cm	De color gris oscuro en seco y negro en húmedo, textura franco arcillosa, con estructura poliédrica subangular grande y media fuertemente desarrollada. Muy compacto de consistencia dura en seco; adhesivo y plástico, no cementado. Sin presencia de raíces ni intrusiones, de reacción ligera a los carbonatos y con permeabilidad lenta.
C ₃	72 a 94 cm	Color gris oscuro en seco y pardo muy oscuro en húmedo, textura franco arcillosa, con estructura granular grumosa muy fina moderadamente desarrollada. Compacto de consistencia dura en seco; adhesivo y plástico, no cementado. No presenta raíces ni intrusiones, de reacción nula a los carbonatos y con permeabilidad lenta.

Cuadro 6. Esquema morfológico representativo de la Unidad Vertisol háplico.

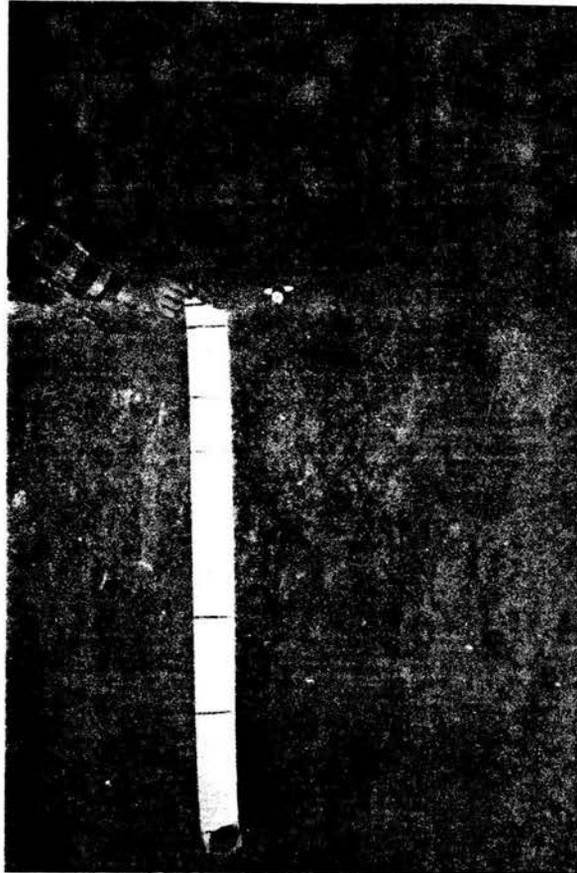


Figura 5. Perfil representativo de la unidad Vertisol háplico



Figura 6. Panorámica del paisaje asociado a los Vertisoles háplicos.

7.1.3. GRUPO MAYOR: LEPTOSOL (LP)

Unidades Leptosol mólico (LPm) y Leptosol lítico (LPq)

a) Definición.

El concepto Leptosol comprende todos los suelos poco profundos o muy pedregosos que suprayacen sobre roca, roca parcialmente alterada o material altamente calcáreo, o suelos con una cantidad limitada de material fino. Los Leptosoles están limitados en profundidad por una roca dura continua o por materiales muy calcáreos (carbonato cálcico equivalente de más de 40%) o por una capa cementada continua dentro de una profundidad de 30 cm a partir de la superficie o con menos del 20 % de material fino hasta una profundidad de 75 cm a partir de la superficie; que carecen de otros horizontes de diagnóstico distintos de un horizonte A mólico, úmbrico u ócrico con o sin un horizonte B cámbrico. (FAO, 1988). De una manera general para que un suelo pueda ser considerado como Leptosol, su profundidad debe ser menor a los 20 cm; aunque para algunos autores el límite máximo no debe sobrepasar los 30 cm. En realidad el establecimiento de un límite de profundidad resulta ser un tanto cuanto arbitrario, además de que los suelos no muestran un espesor constante a lo largo de toda su extensión (FAO, 1990. In: Muñoz, 1999).

Particularmente la Unidad Leptosol mólico agrupa aquellos suelos delgados que tienen un horizonte superficial de tipo mólico, el cual después de haber sido mezclado en sus primeros 18 cm, contiene más de 0.6 % de carbono orgánico. Con colores oscuros, value menor a 3.5 en húmedo, excepto cuando existe más de 40% de material calcáreo finamente dividido, una estructura que no es masiva ni dura cuando seco, una saturación de bases (por Na₄OAc) mayor a 50% y espesor mayor de 10 a 25 cm (Ortiz-Solorio, 1994).

Por su parte los Leptosoles líticos se distinguen únicamente porque miden menos de 10 cm.

b) Distribución y superficie.

Los Leptosoles mólicos cubren un área de 11,782.93 ha, que corresponden al 16.18 % del total del área. Se les encuentra básicamente sobre formaciones cerriles y de montaña, en sitios escarpados en donde se intercalan con afloramientos rocosos. Específicamente se les encuentra en los Cerros Picacho y Buenavista, Sierra Tecomatlán y Mesa el Gorrión

Los Leptosoles líticos se localizan hacia el noroeste de la zona de estudio en el Cañón del Río Tula, cubriendo una superficie de 113.83 ha, que representa el 0.16 % del total del área.

c) Uso actual del suelo y vegetación.

Los Leptosoles mólicos son usados principalmente con fines pecuarios, funcionan como agostaderos para el ganado caprino, no presentan aptitud agrícola. La mayor parte estos suelos están cubiertos por el matorral crasicaule donde se observan especies como: *Agave americana*, *A. crassispina*, *Opuntia hyptiacantha*, *O. imbricata*, *O. streptacantha*, *O. tunicata*,

Myrtillocactus geometrizans, *Ferocactus sp.*, *F. latispinus*, *Echenhartia sp.*, *E. polistaquia*, *Karwiskia humboltiana*, *Euphorbia nicotiana* y *Jatropha dioica*.

d) Descripción General.

Este tipo de suelo se presenta por lo general en geoformas de ladera, declive y valle, con un relieve, que va de muy inclinado hasta plano y una pendiente del 4 al 40 % ; presentando básicamente como material parental, riolitas, basaltos y conglomerado ígneos. La mayor parte de los lugares muestreados se ubican dentro de la formación San Juan del Plioceno, que por lo regular se encuentra en una altura que va de los 2080 msnm a 2220 msnm; donde los principales problemas que presenta es la alta pedregosidad, poca profundidad, falta de agua y la pendiente.

e) Características morfológicas distintivas.

Los Leptosoles mólicos presentan sólo horizontes A con espesores que fluctúan entre los 11 y los 44 cm, el color en seco va de gris oscuro a pardo rojizo oscuro y negro en húmedo, la plasticidad y adhesividad es moderada, la consistencia de muy friable a friable, la estructura varía de granular a poliédrica, con un ligero desarrollo, la textura va de franco arenosa a franco arcillo arenosa, raíces abundantes de tamaño fino y medio, intrusiones pequeñas y medias abundantes y reacción de ligera a nula a los carbonatos.

f) Propiedades Físicas y Químicas.

LEPTOSOL MÓLICO

PROPIEDAD	HORIZONTE A	HORIZONTE C/R
Densidad aparente Mg m ⁻³	0.96 - 1.58	1.13 - 1.25
Densidad real Mg m ⁻³	2.13 - 2.72	2.45 - 2.58
Porosidad %	52 - 62	49 - 55
Materia orgánica %	1.47 - 5.78	0.63 - 1.56
pH relación 1:2.5 en agua	6.59 - 7.86	7.74 - 8.51

g) Génesis.

Los Leptosoles son considerados como suelos que se encuentran en las primeras etapas de desarrollo morfológico, por lo tanto son la fase inicial del desarrollo de un suelo maduro. En términos generales, se trata de suelos muy jóvenes que, por efecto de la dureza del material parental o por estar sujetos a una tasa de erosión elevada o porque no han tenido el tiempo suficiente para desarrollarse, permanecen actualmente con una profundidad escasa y un desarrollo morfológico incipiente.

Es importante señalar que, a pesar de ser suelos someros, ya han desarrollado un horizonte de diagnóstico de tipo mólico, esto como consecuencia de la acción climática, en particular de la estacionalidad y distribución de lluvia, que junto con la influencia de la vegetación han permitido la formación de este tipo de horizonte, lo que indica que se encuentran en una etapa inicial de diferenciación morfológica.

La presencia de Leptosoles mólicos es una consecuencia de los regímenes xéricos ya sean cálidos o fríos, que limitan la cantidad y la duración del movimiento del agua y la influencia biótica sobre el suelo. Los desgastes de masas y otras formas de erosión pueden retirar materiales superficiales de un lugar con tanta o mayor rapidez que la formación de la mayoría.. La resistencia excepcional a la intemperización que tienen algunos materiales iniciales, prolonga el periodo de formación de horizontes no distinguidos. Por otra parte, la brevedad del periodo transcurrido desde la exposición de los materiales iniciales a los factores activos de formación del suelo limita el desarrollo del perfil. En ellos tanto el intemperismo como los procesos de formación actúan en unos cuantos centímetros de suelo, la evolución de los perfiles se da bajo la interacción de procesos de la biosfera y de procesos físico ambientales (Buol 1981).

h) Interpretación Agrológica.

Por lo que respecta a su capacidad agrícola, los Leptosoles presentan muchas limitantes para su utilización ya que son someros, pedregosos, están en relieves accidentados con escasez de agua y con riesgo de erosión potencial elevada. Es obvio que no son apropiados para cultivos, sin embargo pueden usarse para el ganado caprino, también son importantes para la extracción de plantas útiles.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD Leptosol mólico (LPm).

Perfil representativo: Barrena 13

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A	0 - 18 cm	Suelo de color gris oscuro en seco y negro en húmedo, compacto, adhesivo, plástico, de consistencia friable, de textura franco arenosa, con estructura granular grumosa fina moderadamente desarrollada, no cementado, con raíces frecuentes, sin concreciones, con abundantes intrusiones, con permeabilidad moderada, de reacción ligera a los carbonatos.

Cuadro 7. Esquema morfológico representativo de los Leptosoles mólicos detectados en la zona de estudio.



Figura 7. Perfil representativo de la unidad Leptosol mólico.



Figura 8. Panorámica del paisaje asociado a los Leptosoles mólicos.

7.1.4. GRUPO MAYOR REGOSOL (RG).

Unidad de suelo Regosol éútrico (RGe).

a) Definición.

Regosoles. Sobre materiales originales sueltos (o con roca dura a + de 30 cm). Muy baja evolución. Sólo con: ócrico o úmbrico. (Excluir: fluvisoles, gleysoles, andosoles, vertisoles y solonchaks). Perfil A-C. *R. úmbrico*, *R. calcárico*, *R. éútrico*, *R. dístrico*. Suelos de baja evolución condicionados por a topografía. (FAO/UNESCO, 1990).

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 un A úmbrico; carecen de propiedades gléyicas dentro de los primeros 50 cm, de las caacterísticas de diagnóstico de los Vertisoles o Andosoles y de propiedades sálicas (Ortiz-Solorio, 1994).

b) Distribución.

Esta unidad de suelo ocupa una superficie de 1781.90 ha, que corresponden al 2.45 % del total del área, se encuentra distribuida al este de la zona de estudio, y la podemos localizar al Sur del poblado Ignacio Zaragoza, sureste del Cerro Peña Colorada, norte y sureste del poblado Vicente Guerrero y al noreste del poblado de Tothié.

c) Uso actual y vegetación.

El uso de estos suelos está limitado a la agricultura de temporal, predominantemente maíz (*Zea maiz*), maguey (*Agave salmiana*), y nopales (*Opuntia amyclaea*).

Formando parte de la vegetación natural se encuentran elementos como los mezquites (*Prosopis sp*), pirul (*Schinus molle*), opuntias y mimosas.

d) Descripción general.

Estos suelos se localizan principalmente sobre geoformas de onduladas a planas, sobre depósitos de sedimentos formados de areniscas y pendientes que varían del 4 al 6 %.

Gran parte de los sitios de muestreo forman parte de la formación Tarango del periodo Terciario. El clima que impera sobre estos suelos es un BS₁ seco templado.

e) Características morfológicas distintivas.

Morfológicamente poseen dos horizontes en cada perfil, los cuales se identifican como A y C.

Horizonte A:

Suelos de color que va de gris parduzco claro al pardo grisáceo oscuro en seco y del pardo oscuro al pardo grisáceo muy oscuro en húmedo. La compactación va de media a nula, con una plasticidad ligera, adhesividad de poca a adhesiva, de consistencia friable a firme,

estructura de poliédrica subangular a granular con un débil desarrollo. La textura va de franca a franco arenosa, las intrusiones van de escasas a frecuentes, las raíces son abundantes finas y medias, la reacción a los carbonatos va de nula a ligera, el espesor de este horizonte varía entre 20 y 39 cm.

Horizonte C:

Capa de color que va del pardo muy pálido al pardo grisáceo en seco y del pardo grisáceo al pardo grisáceo muy oscuro en húmedo, algunos cementados, de ligeramente a muy compacto, de plástico a no plástico, de muy adhesivo a no adhesivo, la consistencia de suelta a muy firme; estructura granular, poliédrica subangular y condición masiva; con texturas de arena francosa a franco arcillosa, raíces de ausentes a escasas finas, sin intrusiones en la mayoría y en algunos escasas, la reacción a los carbonatos fue de nula a ligera, el espesor de este horizonte varía entre 10 y 42 cm.

f) Propiedades fisicoquímicas.

REGOSOL EUTRICO

PROPIEDAD	HORIZONTE A	HORIZONTE C/R
Densidad aparente Mg m ⁻³	1.02 - 1.26	0.90 - 1.26
Densidad real Mg m ⁻³	2.20 - 2.90	1.80 - 2.49
Porosidad %	43 - 65	38 - 59
Materia orgánica %	1.02 - 4.56	0.48 - 3.40
pH relación 1:2.5 en agua	6.90 - 8.54	7.94 - 8.50

g) Génesis.

Los regosoles son suelos transportados, ya que han sido formados por la acumulación de sedimentos ígneos derivados de tobas volcánicas intermedias procedentes de la formación Tarango del Terciario Superior. Son suelos medianamente profundos, mas sin embargo, son llamados suelos jóvenes porque generalmente son sepultados antes de que alcancen su madurez dado a su ubicación (pie de monte, laderas y frente a glaciares).

Son suelos con un horizonte A ótrico que posee colores claros y con poca materia orgánica, generalmente delgados debido a que como son suelos arenosos retienen muy poca materia orgánica lo que origina los colores claros, dado que las condiciones climáticas delimitan un corto periodo de lluvias y una larga temporada de sequía, originando que el horizonte C se presente cementado.

Dentro del grupo mayor de los regosoles se encontró la presencia de la unidad Regosol éutrico, denotándose que la principal diferencia que existe con las demás unidades del gran grupo, es que esta unidad presenta además de un horizonte A ótrico una saturación de bases del 50% , entre los 20 y 50 cm de profundidad.

La génesis de dicha propiedad es de origen climático, por lo que no se realizan procesos edafogenéticos, ya que el corto periodo de lluvias permite solo una pequeña alteración química, originando muy poca capacidad de intercambio.

h) Interpretación agrológica.

En lo que respecta a su capacidad agrícola, los regosoles presentan limitantes, tales como pedregosidad, poca profundidad, erosión y la presencia de la capa de tepetate. Dentro de sus cualidades cabe que son suelos con un buen drenaje por sus texturas arenosas, pero en general no son suelos aptos para la agricultura y regularmente son utilizados en el establecimiento de zonas de conservación de la vegetación natural.

El 80 % de estos suelos son utilizados para el pastoreo y el 20 % en la agricultura. Entre los principales cultivos destacan los granos, la alfalfa, el agave y el nopal; aunque la naturaleza alcalina de estos suelos causa deficiencia de ciertos micronutrientes en algunos cultivos.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE LA UNIDAD Regosol éútrico (RGe).**Perfil representativo: 111**

HORIZONTE	PROFUNDIDAD	DESCRIPCIÓN
A _{p1}	0 - 13 cm	Suelo de color pardo grisáceo claro en seco y pardo oscuro en húmedo, de consistencia firme, poco compacto, no cementado, con poros abundantes, plástico, adhesivo; textura franca, con estructura laminar, con raíces finas muy abundantes, sin concreciones, sin intrusiones, con alta permeabilidad y de reacción nula a los carbonatos.
A _{p2}	13 - 39cm	Suelo de color gris rosáceo en seco y pardo oscuro en húmedo, de consistencia firme, compacto, no cementado, con poros abundantes, plástico, adhesivo; textura franco-arcillosa, con estructura poliédrica, con presencia de raíces finas muy abundantes, sin concreciones ni intrusiones, con permeabilidad alta y de reacción nula a los carbonatos.
C ₁	39 - 82 cm	Suelo de color gris en seco y gris oscuro en húmedo, de consistencia firme, compacto, no cementado, con poros grandes abundantes, ligeramente plástico, adhesivo; textura franca, con poliédrica, con presencia de raíces finas abundantes, sin concreciones, con algunas intrusiones, de permeabilidad lenta y reacción nula a los carbonatos.
C ₁	82 - 103 cm	De color gris en seco y gris muy oscuro en húmedo, de consistencia firme, compacto, no cementado, con poros grandes abundantes, plástico, adhesivo; textura franco-arcillo-arenosa, con estructura poliédrica y granular, con raíces finas abundantes, sin concreciones, sin intrusiones, permeabilidad lenta y reacción nula a los carbonatos.
C ₂	103 - 122 cm	Suelo de color pardo muy pálido en seco y pardo oscuro en húmedo, de consistencia firme, compacto, no cementado, con poros abundantes, ligeramente plástico, ligeramente adhesivo; textura franco-arcillo-arenosa, con estructura poliédrica y granular, no presenta raíces, sin concreciones ni intrusiones, poco permeable y de reacción nula a los carbonatos.
C ₃	122 - 140 cm	Suelo de color blanco rosáceo en seco y pardo claro en húmedo, de consistencia firme, muy compactado, no cementado, ligeramente plástico, adhesivo; textura franca, con estructura de condición masiva, no presenta raíces, sin concreciones ni intrusiones, poco permeable y de reacción nula a los carbonatos.

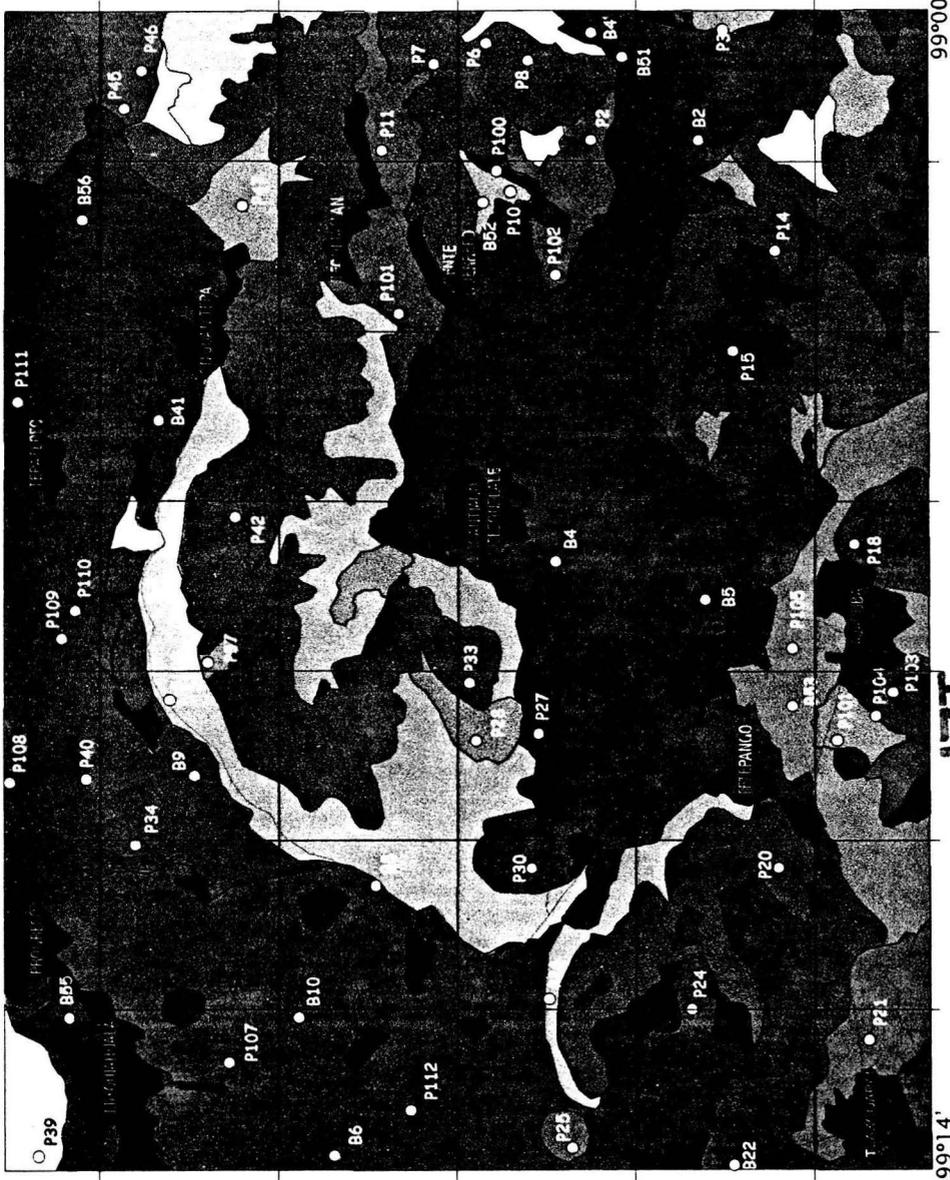
Cuadro 8. Esquema morfológico representativo de los Regosoles éútricos de la zona.



Figura 9. Perfil representativo de la unidad Regosol éútrico.

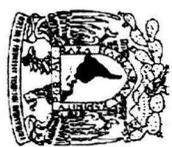


Figura 10. Panorámica del paisaje asociado a los Regosoles éútricos.

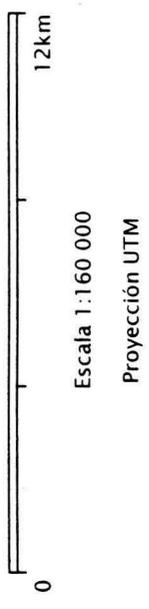


IZI.

LEVANTAMIENTO EDAFOLÓGICO DE LA REGIÓN DE AJACUBA - MIXQUIAHUALA, HIDALGO (FAO, 1998)



FES IZTACALA
LAB. EDAFOLOGIA
UBIPRO
Soler Aburto Alfonso
Julio-2002



SIMBOLOGÍA

Carretera
Punto de verificación

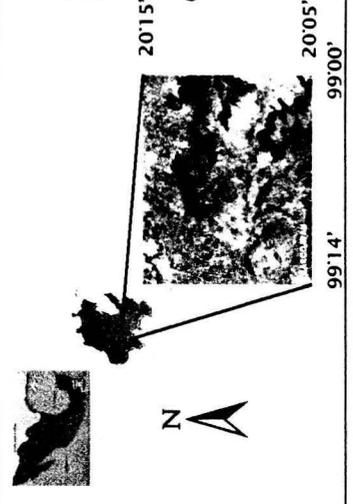
CONSOCIACIONES	SUPERFICIE (Ha)	%
LPm	755.29	1.04
LPq	113.83	0.16
PHh	890.14	1.22
PHv	1479.52	2.03
RGe	1459.52	2.00
VEh	15048.68	20.66

ASOCIACIONES

LPm+PHh	113.27	0.16
LPm+PHv	9779.68	13.43
LPm+RGe	1134.68	1.56
PHh+RGe	871.07	1.20
PHv+LPm	4124.03	5.66
PHv+VEh	6219.96	8.54
RGe+LPm	322.39	0.44

OTROS

ZU	2918.66	4.01
E	455.75	0.63
TOTAL	47468.38	100



Mapa 1. Grupos Mayores y Unidades de suelo determinadas de acuerdo a FAO , 1998.

8. DISCUSIÓN

En el área estudiada fueron identificados cuatro Grupos Mayores de suelos dominantes y seis Unidades, las cuales se encuentran tanto en asociación como de manera independiente.

El Grupo Mayor Leptosol representa el 1.20 % del área, presentando dos variantes: el Leptosol lítico que se distingue por medir menos de 10 cm de espesor y que se ubica sólo en el cañón del Río Tula, y el Leptosol mólico que se caracteriza por tener un espesor promedio de 25 cm, presenta un horizonte superficial mólico de color oscuro, rico en materia orgánica que descansa directamente sobre el material parental (rocas ígneas). Estos suelos se encuentran sobre geoformas accidentadas e irregulares donde se asocian con el Regosol éutrico, Feozem háplico y Feozem vértico. La vegetación que sostiene son matorrales crasicaules, las limitantes de uso del suelo son la escasa profundidad, la falta de agua, elevada pedregosidad y riesgo de erosión. En consecuencia se sugiere utilizar estos suelos como reservorios biológicos para la conservación de la flora y fauna y para la explotación de especies vegetales de utilidad para la población, siempre y cuando esta actividad se realice con moderación, con el propósito de no dañar a las poblaciones naturales.

Los Feozems, que representan los suelos clímax, son el resultado de la combinación de factores y procesos genéticos que se conjugaron en la zona y que, por lo tanto, son la respuesta a las actuales condiciones climáticas y geomorfológicas. La presencia de diferentes unidades de Feozem se debe básicamente a las variaciones del material geológico. Presenta dos variantes: el Feozem háplico que se distingue por presentar una secuencia normal de horizontes, se encuentra ampliamente distribuido tanto de manera individual como asociado con el Regosol éutrico. La otra variante es el Feozem vértico que presenta una amplia distribución por toda la zona de estudio, se distingue por su horizonte superficial mólico que yace sobre un subsuelo con propiedades vérticas, se presenta indistintamente tanto en lugares planos como en los ligeramente ondulados, solo y en asociación con Leptosol mólico y Regosol éutrico. El uso que tienen está determinado por la condición del relieve, la profundidad y el grado de pedregosidad. En términos generales, se trata de suelos muy productivos que cuando se encuentran sobre geoformas planas, son profundos y sin obstrucciones, su aptitud agrícola es alta. El uso principal que tienen los Feozems es la agricultura tanto de riego como de temporal.

Los Vertisoles son los que representan el Grupo Mayor dominante en cuanto a superficie se refiere, abarcando el 20.66 % del total del área. Su presencia es favorecida por la combinación de un relieve plano y la presencia de una mezcla mineralógica muy particular, se localizan principalmente en las planicies y mesas, el uso que tienen es agrícola de riego, cultivándose en ellos maíz, alfalfa, chile y diversas hortalizas. Son, junto con los Feozems, los más utilizados para la agricultura de riego con aguas residuales. Solamente se identificó la presencia de la unidad Vertisol háplico los cuales se distinguen por tener en todo el perfil más de 30 % de arcillas expandibles, además de presentar propiedades diagnósticas vérticas. Se encuentran distribuidos de manera individual y en asociación con el Feozem vértico. Sus principales limitantes productivas son el drenaje deficiente, la contaminación por el efecto del riego con agua residual y en algunos casos la profundidad efectiva del suelo.

Por último, el Grupo Mayor Regosol se encuentra en sitios contiguos a serranías sobre taludes, piemontes y abanicos coluviales, son suelos jóvenes inestables con riesgo de colapsamientos y movimientos, se forman por el proceso de coluviación que implica el arrastre y acúmulo de materiales provenientes de las partes altas. En el área sólo se encontraron Regosoles éutricos de manera individual y en asociación con Leptosoles mólicos. Dadas las características morfológicas que presentan y la posición geomorfológica que ocupan, el uso de los Regosoles es muy restringido, lo más recomendable es dejarlos siempre con una cobertura vegetal permanente.

De acuerdo al tipo de unidades presentes, la geomorfología de la zona y las características morfológicas de los suelos; se puede argumentar que el área estudiada es un sitio geomorfológicamente estable, que ha permitido el desarrollo de Feozems y Vertisoles, como unidades dominantes, y de otros como Regosoles y Leptosoles.

El clima seco templado que prevalece en la zona ha sido determinante en la formación de los suelos dominantes, ya que la actividad biológica se ve disminuida durante los largos periodos de sequía, la cual puede durar hasta ocho meses, además de que la evapotranspiración supera a la precipitación, esto deriva en que tanto el aporte de materia orgánica como su descomposición, humificación y mineralización sean muy lentos; además influye en la lenta intemperización física y el transporte de materiales a través del suelo; sin embargo, durante la corta temporada de lluvias, la actividad de todo el sistema se acelera, provocando así un incremento considerable en los procesos físicos, químicos y biológicos propios de la formación del suelo, favoreciendo entre otras cosas el proceso de melanización. Es por lo anterior que, a pesar del largo periodo de sequía, muchos de los suelos del área presentan un horizonte mólico, el cual se caracteriza por contener una buena cantidad de materia orgánica que a su vez le aporta nutrientes y le confiere una buena estructura. Por otra parte, el origen calcáreo de los materiales depositados en el fondo de los valles y las fluctuaciones del nivel de las aguas subterráneas a lo largo de la historia geológica del valle, ha influido en gran medida sobre la formación de horizontes cálcicos y petrocálcicos. Además, la abundancia de minerales como carbonatos, al unirse con los elementos húmicos, permite la formación de compuestos organominerales denominados humatos de calcio (Douchaufour, 1984), los cuales son muy resistentes a la descomposición microbiana y contribuyen a la adquisición de colores oscuros.

La geomorfología es otro factor determinante en la génesis de los suelos del área de estudio, su influencia depende de la variación de las formas, la altura y la condición de las pendientes, lo cual se manifiesta en, la tasa de erosión, el movimiento de materiales, así como en la cantidad de humedad absorbida y retenida en el suelo. De igual forma, la distribución de la vegetación y el uso del suelo se ven determinadas por ella, generándose así una correlación entre relieve, roca, vegetación y suelo; como sucede sobre los sistemas de montaña de relieve irregular, con rocas ígneas, donde se ubica el matorral crasicaule sobre un suelo representado por la asociación entre Leptosol mólico y Feozem háplico

Otro aspecto relevante que hay que señalar es que la mayoría de los suelos que se presentan son de origen transportado, ya que, según relata Blázquez (1938), en el cuaternario sobrevinieron fuertes eventos erosivos que rebajaron las antiguas montañas relleno así las depresiones lacustres. Los materiales así depositados, presentan variaciones en cuanto a su composición y estratigrafía, pudiéndose reconocer en primera instancia, sedimentos de

carácter calcáreo derivados del intemperismo de rocas calizas y, en segunda, de materiales de origen ígneo provenientes de rocas como: andesitas, basaltos mezclados con cenizas y material piroclástico. Este aspecto ha sido fundamental en la evolución y diferenciación mineralógica de los suelos de la zona, en particular de los Vertisoles donde de acuerdo con Buold (1983), para que ocurra el proceso de vertisolización, se requiere de un relieve plano y de condiciones mineralógicas muy particulares como son la presencia de minerales de origen volcánico y materiales sedimentarios ricos en sales de calcio y magnesio. Esta combinación mineralógica, más las condiciones climáticas que prevalecen, han permitido el desarrollo de arcillas expandibles (motmorillonita), distintivas de los Vertisoles.

Sin embargo para el caso de los Vertisoles que se localizan sobre la Mesa El Gorrión al sureste del área, los procesos formativos del suelo tienen otro origen, ya que, de acuerdo a Fanning (1989), las arcillas que lo forman proceden de la misma intemperización *in situ* de los basaltos que formaron la mesa, lo cual es característico sólo en zonas secas, ya que en el caso de zonas húmedas este proceso deriva en la formación de otros suelos como Luvisoles, Oxisoles, Ferrosoles o Ultisoles.

Además de los suelos de origen transportado, también se presentan suelos residuales como los Leptosoles, cuya principal característica es su escasa profundidad, estos se localizan principalmente sobre cerros y mesas. Dado que se encuentran en formas del relieve altas y accidentadas, la génesis del suelo se ve afectada por procesos erosivos que actúan con mayor intensidad, limitando el desarrollo del suelo en cuanto a su profundidad, a esto hay que agregarle la dureza de las rocas que retrasa la meteorización. Por otra parte, la misma geomorfología del terreno no permite el acumulo de materiales. No obstante, gracias a la presencia de la vegetación y el clima que prevalece, se ha podido desarrollar un horizonte de diagnóstico de tipo mólico (Leptosoles mólicos).

Por otra parte, si tratamos de establecer algunas relaciones genéticas entre los suelos (edafosecuencias), se puede argumentar que los Leptosoles mólicos y los Feozem son suelos emparentados, los primeros representan la primera etapa de formación de los segundos, esto de acuerdo a lo observado en las características morfológicas que presentan y sobre todo por la presencia común del horizonte mólico. Entre Feozem y Vertisol se aprecia también una relación morfológica, lo que da margen a la formación de una especie de "suelo híbrido" denominado Feozem vértico, el cual posee un horizonte superficial mólico y un subsuelo con propiedades vérticas. Una de las posibles explicaciones de esta combinación de horizontes puede ser el que los Vertisoles hayan sido suelos más antiguos formados a partir de sedimentos lacustres y que posteriormente fueron sepultados por materiales ígneos; con el paso del tiempo se dieron procesos de translocación y transformación de minerales, originando los horizontes actuales. Sin embargo, esto es sólo una posibilidad y sigue resultando complicado precisar la tendencia evolutiva de ambos suelos, no se sabe si con el transcurso del tiempo el Vertisol cambia a Feozem o viceversa.

Para el caso de los Regosoles, que se distinguen por ser suelos jóvenes con escaso desarrollo morfológico, es difícil establecer algunas relación con algún otro grupo, ya que, por el breve tiempo de exposición que tienen sus materiales, los factores de formación aún no han impreso alguna tendencia en particular.

Se puede decir que la actividad agrícola, tanto de temporal como de riego, es el principal uso del suelo en la zona; la de temporal, se desarrolla principalmente en suelos de tipo Vertisol, siendo el maíz, frijol, haba y avena los principales cultivos que se manejan y sus principales limitantes productivas son: la escasa precipitación, la poca profundidad del suelo, la falta de asesoría y el apoyo técnico. La agricultura de riego presenta un carácter más tecnificado, ya que su finalidad es la comercialización de los productos, se desarrolla en suelos de tipo Feozem y Vertisoles; una de sus peculiaridades es el uso de aguas residuales provenientes de la Ciudad de México desde hace más de 80 años. La utilización de esta agua en el riego ha creado controversias políticas, económicas y ambientales muy fuertes dada su mala calidad. Si bien se ha detectado la presencia de diversos contaminantes, estos no rebasan los límites críticos permitidos por la normatividad ambiental (Mendoza, 1994). Sin embargo, en la actualidad no se ha podido demostrar un efecto negativo en el suelo, las plantas y la salud humana. Por otra parte, esta agua ha contribuido a mantener la fertilidad de los suelos al contener diversos elementos nutritivos y materia orgánica.

Al hacer la comparación entre algunos parámetros de los suelos donde se practica la agricultura de temporal y los irrigados con aguas residuales se encontró que el porcentaje de materia orgánica en promedio de los suelos agrícolas temporales fue de 2.78, mientras que, para los irrigados fue de 4.29, lo que nos hace concluir que el aporte de materia orgánica por medio de las aguas residuales ha sido significativo, aunque ambos se encuentran dentro del rango de suelos moderadamente ricos en materia orgánica según Muñoz et al. (2000).

El pH promedio para la zona temporalera fue de 7.30 y para la zona de riego fue de 7.27, no se nota alguna diferencia significativa y además se encuentran dentro del rango óptimo para la asimilación de nutrimentos primarios y secundarios (Tamhane, 1979). Desde otro punto de vista, los valores de pH sirven también para detectar suelos salinos, en la zona de riego se detectaron sólo 4 sitios con pH superior a 8.0 y ninguno superior a 8.5, lo que indica que aún no hay problema generalizado de salinidad, aunque sí existen sitios críticos fuera del área de estudio con problemas fuertes de salinidad. En la zona de temporal ningún suelo rebasó el 7.8 de pH.

Por otra parte se observó que, en diversos puntos de las partes bajas, existe una capa de entre 4 y 30 cm que sobreyace al suelo original, esto probablemente se deba al aporte de materiales provenientes de otras zonas por medio del viento, ya que en todo el Valle del Mezquital se da la erosión eólica de manera significativa. En las partes donde dicha capa sobrepasa los 25 cm de espesor, podemos decir se ha formado ya un nuevo suelo que descansa sobre el anterior.

Por último es recomendable hacer estudios comparativos entre suelos agrícolas con riego de agua limpia, agua residual y sin riego, donde se evalúen más parámetros físicos, químicos y microbiológicos del suelo, que sirvan como indicadores y elementos de juicio para valorar objetivamente la utilización de las aguas residuales en la agricultura.

9. CONCLUSIONES

- En el área de estudio se identificaron cuatro Grupos Mayores y seis Unidades de suelo de acuerdo al criterio FAO-UNESCO (1998), mismos que se representaron cartográficamente como unidades independientes (consociaciones) y asociaciones de dos unidades.
- En cuanto a la superficie que cubren, se tiene que los Vertisoles háplicos son los que ocupan la mayor extensión con un 20.66 % del total, mientras que la asociación más abundante es la formada entre Leptosol mólico y Feozem vértico que representan el 13.43 % de la zona.
- Los Feozem son los suelos clímax, son el resultado de la combinación de factores y procesos genéticos que se conjugaron en la zona y que, por lo tanto, son la respuesta a las actuales condiciones climáticas y geomorfológicas. La presencia de diferentes unidades de Feozem se debe básicamente a las variaciones del material geológico.
- Los Vertisoles son los más extendidos, su presencia es favorecida por la combinación de un relieve plano y la presencia de una mezcla mineralógica de minerales de origen volcánico y materiales sedimentarios ricos en sales de calcio y magnesio.
- Los Leptosoles y Regosoles se consideran como inclusiones dentro de los suelos dominantes, se encuentran en formas de relieves altos y accidentados, la génesis de estos suelos se ve afectada por los procesos erosivos que limitan el desarrollo del suelo.
- Se observó que los Leptosoles se desarrollaron principalmente sobre afloramientos rocosos, en tanto que los Feozem y Vertisoles se formaron de material transportado y depositado sobre las partes bajas donde se desarrolla la mayor parte de la agricultura de temporal y de riego, además de ser donde se localizan las zonas urbanas
- El principal uso de los suelos es la agricultura de riego y temporal, donde la primera utiliza aguas residuales de mala calidad que sin embargo ha ayudado a mantener la productividad de los suelos.
- Los principales factores limitan la productividad de los suelos agrícolas, son en algunos casos la falta de agua, en otros el uso de agua de mala calidad, el drenaje lento y la limitada profundidad de la capa arable. Los principales problemas relacionados con el uso del suelo son la sobrexplotación, mal manejo y el riesgo de degradación por los contaminantes que reciben.

10. BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, O.M.C. 1999. Propuesta de ordenamiento ecológico del municipio de Santiago de Anaya, Hgo. Tesis Licenciatura. Biología. Los Reyes Iztacala. UNAM.
- Aguilera, H.N. 1980. Manual de prácticas de edafología. Fac. de Ciencias UNAM.
- Aguirre, G.A. 1993. Química de los suelos salinos y sódicos. UNAM. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. México. 130 p.
- Blasquez, L. 1938. Memorias de la Comisión Geológica del Valle del Mezquital. Hgo. Instituto de Geología. UNAM. México. 239p.
- Bohn, H.L. 1993. Química del suelo. Limusa. México.
- Buol, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken. 1981. Génesis y clasificación de suelos. Trillas. México. 417p.
- Buckman, H.O. 1966. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simon S.A. Barcelona.
- Butler, B.E. 1980. Soil Clasification for Soil Survery. Clarendon Press. Oxford. N:Y: p. 11 - 13.
- Cairo, P. y Onelio F. 1994. Edafología. Editorial Pueblo y Educación. Cuba. P. 348 - 365.
- Carballo, H.A. 1983. Determinación de la capacidad de uso del suelo del Edo. de Hidalgo. tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo. FES-Cuautitlán. UNAM.
- Comisión Nacional del Agua. 1991. El aprovechamiento de aguas residuales en el Valle del Mezquital y su impacto ambiental. Subdirección General de Administración del Agua. México.
- CONAZA. 1994. Plan de acción para combatir la desertificación en México. México. 160 p.
- Cuanalo de Cerda, H. 1989. Manual de descripción de perfiles de suelo en Campo, UACH. Méx.
- Department of Biology Utah State University Logan, Utah. 1991. Semiarid lands and deserts. Soil resource and reclamation. United States of Am.
- Fanning, D.S. & C.B.M. Fanning. 1989. Soil: Morphology, Genesis, and Classification. Jhon Wiley & Sons. USA.
- Duchaufour, P. 1984. Edafogénesis y clasificación. Edit. Masson. España. 493 p.
- FAO-UNESCO. 1988. Soil map of de world. Rome. 119 p.
- FAO-UNESCO. 1998. The World reference base for soil resources. Word Soil Resources Reports 84 ISSS/AISS/IBG/ISRIC/FAO, Rome.
- FitzPatrick, E.A. 1984. Suelos. Su formación, clasificación y distribución. CECSA. México. 430 p.
- Flores, M.G. 1972. Descripción y mapa de las unidades de suelos de la República Mexicana según el sistema de clasificación FAO/UNESCO. Direc. de Agrología. Secretaría de Recursos Hidráulicos.
- Foth, H.D. 1985. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. CECSA. México.
- Garmendia, F.G. 1948. El álcali de los suelos de Ixmiquilpan, Hgo. Tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo especialista en Fitotecnia. UACH.
- González-Quintero, L. 1968. Tipos de vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. I.N.A.H. México.
- Hernández G.L.A. 1994. Uso potencial agrícola, pecuario y forestal en el Valle del Mezquital, Hgo. Tesis Lic. Biología. UNAM. Campus Iztacala.
- Hernández, G. 1997. Los Sistemas de Información Geográfica. En Seminario sobre Uso de Aguas Residuales para Riego. Problemática del Valle del Mezquital. Red α -Mezquital. UNAM. México.

- Hernández, G., L. Flores, S. Sánchez, M. Maples, R. Alcalá y G. Villarreal. 1990. Presencia de metales pesados en un área del Distrito de Riego 03 Tula, Hgo. Taller Internacional de Reuso de agua en la Agricultura: Experiencia México-Israel. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos- Comisión Nacional del Agua. México.
- INEGI. 1982 Carta Geológica. Pachuca. F-14-11 Escala 1:250,000.
- INEGI. 1982 Carta Edafológica. Pachuca. F-14-11 Escala 1: 250,000.
- INEGI. 1982 Carta de uso de suelo y vegetación. Pachuca. F-14-11. Escala 1: 250,000.
- INEGI. 1982 Carta Topográfica. Pachuca. F-14-11 Escala 1: 250,000.
- INEGI. 1982. Carta Topográfica. Mixquiahuala, Hgo. F-14-C-89 Escala 1: 50,000.
- INEGI. 1998. Diccionario de Datos de Uso del Suelo y Vegetación. Vectorial Escala 1: 250 000
- International Society of Soil Science, International Soil Reference and Information Centre and Food and Agriculture Organization of the United Nations (ISRIC). 1994. World Reference Base for Soil Resources. Roma.
- Jackson, M.L. 1976. Análisis químico de suelos. Ediciones Omega. 3a. ed. Barcelona. 662 p.
- López, F. & D. Muñoz. 1994. Resources evaluation environmental damage and ecological planning in land use in the Mezquital Valley , Hidalgo, Mexico. 15th World Congress of Soil Science, V: 6 b. Acapulco, México.
- Mendoza, C.A y Cortés, M.G. 1994. Caracterización fisicoquímica y evaluación toxicológica utilizando bioensayos en agua, suelo y sedimento del DDR 063, Hidalgo. Tesis de Licenciatura. Biología. UNAM Campus Iztacala.
- Moreno, O.C. 1989. Levantamientos agrológicos. Edit. Trillas. México.
- Muñoz, I.D *et al.* 1997. Descripción Físico-Botánica y Diagnóstico Ambiental del Valle del Mezquital, Hgo. En Seminario sobre Uso de Aguas Residuales para Riego. Problemática del Valle del Mezquital. Red α -Mezquital. UNAM. México. p. 40-44.
- Muñoz, I.D y López, G.F. 1986-1988. Levantamiento edafológico ecológico del Valle del Mezquital, Hgo. Trabajos de Biologías de Campo. ENEP-Iztacala. Inédito.
- Muñoz, I.D y López, G.F. 1987. Levantamiento edafológico del Valle de Actopan, Hgo. Memorias del XX Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Zacatecas. México.
- Muñoz, I.D y López, G.F. 1990. Propuesta para el ordenamiento ecológico del uso del suelo en el Valle del Mezquital, Hgo. Memorias del XXIII Congreso Nacional de Ciencias del Suelo. Comarca Lagunera. México.
- Muñoz, I.D. 1997. Diagnóstico del uso del suelo en el Alto Mezquital, Hgo. Memorias del XVII Coloquio de Investigación. UNAM. ENEP Iztacala. 14-17 Octubre.
- Muñoz, I.D. 1999. Estudio cartográfico y morfológico de los suelos de la porción sur del Valle del Mezquital. Tesis Maestría. Biología. Facultad de Ciencias UNAM.
- Nery, G.H. 1976. Los levantamientos de suelos. Tesis Licenciatura. Ingeniero Agrónomo especialista en Suelos. Chapingo, Méx.
- Ordaz, Ch. V.M. 1986. Estimación de las determinaciones analíticas requeridas para el sistema de clasificación FAO/UNESCO a partir de métodos específicos. Tesis Maestría. Espec. en Edafología. Colegio de Posg.
- Ortiz, S.C.A., Pájaro, H:D. y Gutiérrez C.M. del C. 1994. Introducción a la leyenda del Mapa Mundial de Suelos FAO/UNESCO, versión 1988. Colegio de Posgraduados. México.
- Ortiz, S.C.A. y Cuanalo, H.E. 1981. Introducción a los levantamientos de suelos. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx.

- Pájaro, H.D. y Ortiz, S.C.A. 1989. Memorias del XXII Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. 20-25 Nov. Montecillo, Edo. De México.
- Ponce-Hernández, R. 1993. 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.
- Porta, J. 1994. Edafología. Para la agricultura y el medio ambiente. Mundi- Prensa. Madrid. España.
- Quiroz, J. 1983. Clasificación otomí de tierras en dos sistemas terrestres del Valle del Mezquital, Hidalgo. Tesis Profesional. Departamento de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Rangel, C.S. 1987. Etnobotánica de los agaves del Valle del Mezquital. Tesis Licenciatura. Biología. ENEP Iztacala UNAM.
- Rivera, D.J.M. 1999. Clasificación de Suelos. 2da. Edición. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Chapingo.
- Rzendowski, y Calderón de R., G. 1993. Contribuciones de Jerzy Rzendowski y de Graciela Calderón de Rzendowski al conocimiento de Plantas del Estado de Hidalgo. En: Villavicencio, M. A., Marmolejo, S., Pérez, e. Investigaciones recientes sobre flora y fauna de hidalgo. U.A.H. México.
- Rzendowski, J. 1988. Vegetación de México. Limusa.
- Sánchez, N. 1969. Los Suelos de México. Mesas Redondas Sobre la Utilización y conservación del Suelo en México, Auditorio del Instituto de Recursos Naturales Renovables, 25 al 29 de noviembre de 1968. Ed. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A.C. México. p 21.
- Sandoval, B.R. 1992. Levantamiento edafológico semidetallado en el municipio de Metztlán, Hgo. Tesis Licenciatura. Biología. ENEP Iztacala. Méx.
- SEDUE. 1984. S.I.E. experiencia piloto correspondiente a las zonas áridas. Direc. Gral. de Ordenamiento Ecológico.
- Singer, M. 1992. Soils. An Introduction. Maxwell Macmillan International. Canada.
- Soil Survey Staff. 1951. Soil Manual Agricultural handbook. No. 18. USDA. Washington, D.C.
- SPP. 1981. Carta Edadológica México. Escala 1: 1,000,000.
- Tamhane, R.V., D.P. Motiramani, Y.P. Bali y R.L. Donahue. Suelos: Su Química y Fertilidad en Zonas Tropicales. Edit. Diana. México.
- Thompson, L.M. y F.R. Troeh. 1982. Los suelos y su fertilidad. Edt. Reverté. España.
- UNAM-SEMARNAP. 1997. Diagnóstico socioeconómico ambiental del lugar en donde se encuentra asentado el Centro Piloto Dexthí y de su área de influencia. Programa de manejo integral de recursos Alto Mezquital UNAM. México.
- Velasco, S. Y Ojeda, R. 1989. Clasificación y caracterización fisonómica de la vegetación del Valle del Mezquital, Hgo. Tesis profesional. ENEP-IZTACALA-UNAM.
- Velázquez, H.A. y G. Hernández. 1988. Evaluación del contenido de metales pesados en el suelo y planta por el uso de aguas residuales sobre el rendimiento y calidad de los productos agrícolas en el Distrito de Desarrollo Rural de Mixquiahuala. Hgo. Laboratorio de Edafología. Instituto de Geología. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Williams, B.J. 1994. Sixteenth Century Nahua Soil Clases and Rural Settlement in Tepetlaoztoc. En 15th World Congress of Soil Science. Vol.6: Commission V: Symposia. ISSS. p. 359-366.
- Williams, B.J. and C.A. Ortiz-Solorio. 1981. Middle American Folk Soil Taxonomy. Annals, Assoc. Of Am. Geog. 71: 335-358.

11. ANEXOS

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 4

Unidad de suelo: Vertisol háplico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1 Km al sur de San Isidro Llano Largo, Mpio. de San Agustín Tlaxiaca, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2040 msnm.

GEOLOGÍA: Rocas sedimentarias de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Planicie.

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%.

USO DEL SUELO: Agrícola.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Nula.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{1P}	0 -27	10 YR 6/1 gris	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	34	38	28	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	27 - 50	10 YR 6/1 gris	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	32	32	36	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	50 - 90	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 3/1 gris muy oscuro	36	28	36	FRANCO ARCILLOSO
C ₂	90 - 110	10 YR 5/2 pardo	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	38	28	34	FRANCO ARCILLOSO
C ₃	110 - 140	10 YR 6/2 gris parduzco claro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	50	30	20	FRANCO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf / cm ²	D. Aparente Kg / m ³	D. Real Kg / m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{1P}	0 -27	1.52	1.18	2.50	52	7.63	1.78
C ₁	27 - 50	1.86	1.17	2.49	52	7.44	1.59
C ₁	50 - 90	3.06	0.78	2.20	64	7.51	1.10
C ₂	90 - 110	2.53	1.13	2.45	53	7.29	1.52
C ₃	110 - 140	2.45	1.14	2.08	45	7.46	1.12

Fecha: 08 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA**Perfil: 5****Unidad de suelo: Regosol éutrico****DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS**

LOCALIZACIÓN: 1 Km al noroeste de San Isidro Llano Largo, Municipio de Ajacuba, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2200 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos de arenisca y tepetate (originado de tobas volcánicas).

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle de Ajacuba

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Planicie.

RELIEVE: De plano a ligeramente inclinado.

PENDIENTE: 3%

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación y poca profundidad.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{p1}	0 - 15	7.5 YR 6/2 gris rosáceo	7.5 YR 4/2 pardo oscuro	72	22	6	FRANCO ARENOSO
A _{p1}	15 - 24	7.5 YR 6/2 gris rosáceo	10 YR 4/3 pardo oscuro	64	28	8	FRANCO ARENOSO
A _{p2}	24 - 34	7.5 YR 6/2 gris rosáceo	10 YR 4/3 pardo, oscuro	68	24	8	FRANCO ARENOSO
C ₁	34 - 58	10 YR 7/3 pardo muy pálido	10 YR 4/4 pardo amarillento obs.	86	8	6	ARENA FRANCOSA
C _{m2}	> 58	TEPETATE					TEPETATE

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf / cm ²	D. Aparente Kg / m ³	D. Real Kg / m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{p1}	0 - 15	0.1	1.26	2.34	46	8.29	1.05
A _{p1}	15 - 24	0.1	1.24	2.27	45	8.54	1.02
A _{p2}	24 - 34	1.5	1.26	2.07	38	8.47	0.64
C ₁	34 - 58	2.8	1.01	2.34	56	8.15	0.48
C _{m2}	> 58	TEPETATE					

Fecha: 09 - 04 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 6

Unidad de suelo: Feozem háplico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 5 Km al norte de San Isidro, El Huasca, Sn. Agustín Tlaxiaca, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2170 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos de Areniscas y tepetate de la Formación Pachuca.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tecomatlán.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra de San Nicolás.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera.

RELIEVE: Ligeramente inclinado.

PENDIENTE: 4 %

USO DEL SUELO: Pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule con *Opuntia imbricata*, *Karwinskia humboldtiana*, *Myrtillocactus geometrizans*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.

PROBLEMÁTICA: Escasa profundidad del suelo, pedregosidad.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud baja.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 11	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc.	10 YR 2/1 negro	66	20	14	FRANCO ARENOSO
A	11 - 21	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc.	10 YR 2/1 negro	66	18	16	FRANCO ARENOSO
C	21 - 55	5 YR 8/1 blanco	5 YR 4/2 gris rojizo oscuro	78	16	6	ARENA FRANCOSA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kg/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 11	1.71	1.25	2.47	49	7.37	1.98
A	11 - 21	0.9	1.13	2.32	51	7.29	2.50
C	21 - 55	4	1.10	2.52	52	7.76	1.82

Fecha:10-02-96.

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 7

Unidad de suelo: Leptosol mólico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 3 Km al norte de Sn. Isidro, Cerro Grande, Sn. Agustín Tlaxiaca, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2210 msnm.

GEOLOGÍA: Riolita y basalto del Grupo Pachuca.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tecamatlán.

PAISAJE TERRESTRE: Ladera.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Sierra de San Nicolás.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: 28%

USO DEL SUELO: Pecuario (ganado caprino).

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crassicaule de *Myrtillocactus sp* y *Opuntia sp*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Alta.

PROBLEMÁTICA: Pendiente, poca precipitación y escasa profundidad del suelo.

USO POTENCIAL: Agostadero (séptima clase).

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 -14	10 YR 4/2 Pardo gris. obsc.	10 YR 2/1 Negro	46	36	18	FRANCO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kgf/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 14	1.53	1.13	2.60	56	6.59	3.75

Fecha: 09 -04 - 96.

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 9

Unidad de suelo: Regosol éutrico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1 Km al suroeste de Emiliano Zapata, Municipio de Ajacuba, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2140 msnm.

GEOLOGÍA: Rocas vulcanosedimentarias de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle de Ajacuba.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Planicie.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: 3%.

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal y pecuario caprino y ovino.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Sin pedregosidad.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación y erosión.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud alta.

Hor.	Profundidad (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A ₁	0 - 12	10 YR 6/2 gris pardusco claro	10 YR 3/2 pardo gris muy obsc.	54	32	14	FRANCO ARENOSO
A ₂	12 - 31	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/1 gris muy obscuro	46	40	14	FRANCO
A ₃	31 - 44	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/1 gris muy obscuro	40	34	26	FRANCO
B ₁	44 - 61	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/3 pardo obscuro	38	34	28	FRANCO ARCILLOSO
C	61 - 76	10 YR 7/2 gris rosáceo	10 YR 4/4 pardo amarillento obs.	64	24	12	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kg/cm ²	D. Aparente Kg/m ³	D. Real Kg/m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A ₁	0 - 12	1.91	1.12	2.75	65	7.6	1.70
A ₂	12 - 31	0.7	1.22	2.25	45	7.8	1.79
A ₃	31 - 44	+4	1.15	2.36	51	8.04	1.12
B ₁	44 - 61	1.7	1.13	2.04	44	7.89	0.72
C	61 - 76	+4	0.97	2.13	54	8.5	0.95

Fecha: 8 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA**Perfil: 10****Unidad de suelo: Feozem háptico****DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS**

LOCALIZACIÓN: A 0.5 Km de la carretera Tula - Sn. Agustín , Mpio. Ajacuba, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2150 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos calcáreos de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Valle de Ajacuba.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Sistema de terrazas

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: 4%

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal y pecuario de caprinos y ovinos.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, erosión real y potencial.

USO POTENCIAL: Agricultura de temporal y pecuario con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{p1}	0 - 28	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 4/2 pardo grisáceo obs.	50	34	16	FRANCO
A _{p2}	28 - 55	10 YR 6/3 pardo claro	10 YR 4/4 pardo amarillento obs.	84	12	4	ARENA FRANCOSA
C ₁	55 - 88	10 YR 7/3 pardo muy claro	10 YR 5/4 pardo amarillento	78	18	4	ARENA FRANCOSA
C ₂	88 - 130	10 YR 7/3 pardo muy claro	10 YR 3/3 pardo oscuro	78	6	16	FRANCO ARENOSO
C ₂	130 - 180	7.5 YR 6/2 gris rosaceo	10 YR 4/3 pardo oscuro	68	20	12	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kgf/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{p1}	0 - 28	0.2	0.91	2.69	66	6.01	3.26
A _{p2}	28 - 55	1.45	1.05	2.10	50	8.06	1.65
C ₁	55 - 88	2.75	1.05	1.66	36	8.21	0.40
C ₂	88 - 130	3.01	1.13	2.15	47	8.13	2.69
C ₂	130 - 180	1.28	1.16	2.39	51	7.08	0.53

Fecha: 8 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 11

Unidad de suelo: Leptosol mólico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: San Nicolás Tecomatlán (Km 30) , Mpio. Ajacuba.

CLIMA: Semiseco estepario con lluvias en verano (Bs₁(w)wgi).

ALTITUD: 2100 msnm.

GEOLOGÍA: Riolitas y material piroclástico de la Formación Sn. Juan Tepa.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tecomatlán.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera de cerro.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: 20 %

USO DEL SUELO: Pecuario (ganado caprino y ovino).

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral subinerme de *Mirtillocaactus geometrizaans*, *Opuntia estreptocanta*, *O. tunicata*, *Karwinskia humboldtiana* y *Ferocactus sp.*

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante

PROBLEMÁTICA: Pedregosidad, erosión, escasa precipitación, y el relieve.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud baja para ganado caprino y ovino.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 20	5 YR 2.5/2 pardo rojizo obsc.	10 YR 2/1 negro	48	26	26	FRANCO ARCILLO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kg/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 20	4	0.98	2.45	59	7.15	4.72

Fecha: 09 - 02 - 96.

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 13

Unidad de suelo: Vertisol háplico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1.5 Km al oeste de Vicente Guerrero, Municipio de Ajacuba, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2080 msnm.

GEOLOGÍA: Material volcanosedimentario de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle de Ajacuba.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle.

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%.

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Nula.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, drenaje lento y riesgo de inundación.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{1P}	0 - 5	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	36	32	32	FRANCO ARCILLOSO
AC	5 - 25	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	26	32	42	ARCILLA
C ₁	25 - 60	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	28	30	42	ARCILLA
C ₂	60 - 110	10 YR 5/1 gris	10 YR 2/1 negro	22	30	48	ARCILLA
C ₃	110 - 120	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 4/2 gris rojizo oscuro	36	30	34	FRANCO ARCILLOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf/cm ²	D. Aparente Kg/m ³	D. Real Kg/m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{1P}	0 - 5	1.61	1.25	2.51	50	7.43	2.87
AC	5 - 25	3.50	1.06	2.36	55	7.60	2.22
C ₁	25 - 60	+4	1.03	2.29	55	7.48	2.28
C ₂	60 - 110	1.33	1.11	2.27	51	7.46	2.15
C ₃	110 - 120	1.60	1.04	2.37	55	7.56	0.82

Fecha: 09 - 06 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil:14

Unidad de suelo: Leptosol mólico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: Loma Panales, 1 Km al Norte de Tulancingo, Mpio. Ajacuba, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2220 msnm.

GEOLOGÍA: Material ígneo del Pleistoceno, Grupo San Juan (TsJ).

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sistema de mesas.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Declive.

RELIEVE: Muy inclinado.

PENDIENTE: 42%.

USO DEL SUELO: Pecuario caprino.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule con *Opuntia hiptiacanta*, *Eichenhardtia polistaquia*, *Ferocactus latispinus*, *O. imbricata*, *Bouvardia sp.*

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Alta.

PROBLEMÁTICA: Suelos poco profundos, alta pedregosidad, pendiente muy inclinada y escasa precipitación.

USO POTENCIAL: Pecuario, con aptitud baja.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 11	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/1 negro	70	20	10	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kgf/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 11	2.36	1.23	2.62	52	6.71	4.88

Fecha: 9 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 15

Unidad de suelo: Vertisol háplico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: Mesa El Gorrion, 5 Km al noroeste de Ajacuba, Mpio. de Ajacuba, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2510 msnm.

GEOLOGÍA: Conglomerado ígneo de la Formación San Juan.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sistema de mesas.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Mesa.

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%.

USO DEL SUELO: Pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule de *Opuntia imbricata*, *O. spinulifera*, *O. rugosa*, *Ferocactus latispinus*, *Eysenhardtia polystachya*, *Acacia schaffneri*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, drenaje deficiente.

USO POTENCIAL: Agricultura de temporal y pecuario con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 18	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	44	18	38	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	18 - 51	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	32	16	52	ARCILLA
C ₂	51 - 63	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc.	10 YR 3/1 gris muy oscuro	42	28	30	FRANCO ARCILLOSO
2C ₁	63 - 80	10 YR 8/2 pardo muy pálido	10 YR 5/3 pardo	80	12	8	ARENA FRANCOSA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf / cm ²	D. Aparente Kg / m ³	D. Real Kg / m ³	Porosidad (%)	pH (1: 2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 18	2.75	1.11	2.59	56	6.34	5.74
C ₁	18 - 51	+4	0.99	2.45	59	7.76	2.73
C ₂	51 - 63	1.91	1.04	2.44	57	7.66	1.07
2C ₁	63 - 80	2.16	1.15	2.23	48	8.00	0.42

Fecha: 09 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 18

Unidad de suelo: Feozem vértico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: A 1 Km al noreste de Ajacuba, Mpio. de Ajacuba Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2110 msnm

GEOLOGÍA: Rocas ígneas de la Formación San Juan.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sistema Campanitas.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera del cerro Campanitas.

RELIEVE: Ligeramente inclinado

PENDIENTE: 10 %

USO DEL SUELO: Agostadero y agricultura de temporal.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crassicaule.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Baja precipitación, relieve inclinado y pedregosidad.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud media para ganado caprino.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A ₁	0 - 15	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	56	22	26	FRANCO ARCILLO- ARENOSO
A ₂	15 - 35	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	40	26	34	FRANCO ARCILLOSO
2C	35 - 95	7.5 YR 7/2 gris rosáceo	7.5 YR 4/2 pardo	86	11	3	ARENOSO
3C	95 - 120	7.5 YR 7/2 gris rosáceo	10 YR 5/3 pardo	66	20	14	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza	D. Aparente	D. Real	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A ₁	0 - 15	3.6	1.01	2.93	65	6.38	10.94
A ₂	15 - 35	4.0	0.99	2.71	63	7.16	4.29
2C	35 - 95	1.1	1.11	2.24	50	8.01	0.84
3C	95 - 120	1.2	1.24	2.51	50	8.05	0.2

Fecha: 09 - 04 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 20

Unidad de suelo: Feozem vértico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1 Km al oeste de la zona urbana de Tetepango, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2100 msnm

GEOLOGÍA: Rocas ígneas extrusivas (tezontle) de la Formación San Juan

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera del Cerro Buenavista.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: 22 % convexa.

USO DEL SUELO: Pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral xerófilo con *Opuntia tunicata* y *Myrtillocactus geometrizans*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, pedregosidad y relieve.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud media para ganado caprino.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A ₁	0 - 10	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	54	24	22	FRANCO ARCILLO ARENOSO
A ₂	10 - 36	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	40	28	32	FRANCO ARCILLOSO
C	36 - 48	7.5 YR 8/2 blanco rosáceo	10 YR 6/4 pardo amarillento claro	78	16	6	ARENA FRANCOSA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza	D. Aparente	D. Real	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A ₁	0 - 10	1.75	1.20	2.64	54	7.67	3.16
A ₂	10 - 36	3.3	1.11	2.60	57	7.59	3.91
C	36 - 48	4.0	0.96	2.25	57	7.27	1.19

Fecha: 10 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 24

Unidad de suelo: Vertisol háplico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 500 m al sur de Muntepec, Municipio de Tlahuelilpan, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2090 msnm.

GEOLOGÍA: de la Formación

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra de Teltipan.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Declive.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: 12%.

USO DEL SUELO: Pecuario de ganado caprino.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, pedregosidad y pendiente.

USO POTENCIAL: Pecuario caprino co aptitud baja.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A ₁	0 - 25	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/1 negro	44	40	16	FRANCO
2A ₁	25 - 52	5 YR 3/1 gris muy oscuro	5 YR 2.5/1 negro	36	22	42	ARCILLA
2C ₁	52 - 70	5 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	20	22	58	ARCILLA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf/cm ²	D. Aparente Kg/m ³	D. Real Kg/m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A ₁	0 - 25	2.18	1.03	2.75	62	7.0	6.92
2 ^a ₁	25 - 52	+4	1.08	2.68	59	6.32	4.39
2C ₁	52 - 70	+4	1.09	2.57	57	8.39	1.43

Fecha: 09 - 04 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 27

Unidad de suelo: Vertisol háplico.

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 2.5 Km al noreste de Ulupa de Ocampo, Municipio de Tetepango, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2070 msnm.

GEOLOGÍA: Materiales volcanosedimentarios de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle de Ajacuba.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Declive ligero.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: Irregular 5 %.

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal y pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación y drenaje deficiente.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{1P}	0 - 6	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	44	28	28	FRANCO ARCILLOSO
A _{2P}	6 - 22	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	36	32	32	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	22 - 34	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	32	32	36	FRANCO ARCILLOSO
C ₂	34 - 72	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	26	36	38	FRANCO ARCILLOSO
C ₃	72 - 94	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc	10 YR 3/2 pardo gris. muy obsc.	40	26	34	FRANCO ARCILLOSO
C ₄	94 - 120	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	36	24	40	ARCILLA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf/cm ²	D. Aparente Kg/m ³	D. Real Kg/m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{1P}	0 - 6	2.48	0.83	2.99	72	6.72	4.79
A _{2P}	6 - 22	2.75	1.04	2.48	58	7.35	2.17
C ₁	22 - 34	1.86	0.94	2.35	60	7.43	1.68
C ₂	34 - 72	2.00	0.95	2.58	63	7.47	0.89
C ₃	72 - 94	1.46	1.25	2.38	47	7.43	0.98
C ₄	94 - 120	2.25	1.62	2.35	31	6.89	0.49

Fecha: 09 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 30

Unidad de suelo: Feozem háplico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1.5 Km al Noroeste de Carrillo Puerto

CLIMA: BS₁ seco templado.

ALTITUD: 2100 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Planicie de Mixquiahuala.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2 %

USO DEL SUELO: Agricultura de riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Pedregosidad y posible erosión.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _p	0 - 12	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	54	24	18	FRANCO ARENOSO
A _p	12 - 34	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	58	22	20	FRANCO ARENOSO
C ₁	34 - 65	7.5 YR 7/4 rosa	7.5 YR 5/6 pardo fuerte	84	12	4	ARENA MIGAJOSA
C ₂	65 - 94	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	66	22	12	FRANCO ARENOSO
C ₃	94 - 104	7.5 YR 6/4 pardo claro	7.5 YR 4/6 pardo fuerte	78	20	2	ARENA MIGAJOSA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kgf/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _p	0 - 12	2.13	0.97	2.64	63	8.09	3.42
A _p	12 - 34	2.55	1.14	2.44	53	8.19	3.42
C ₁	34 - 65	4	1.15	2.61	55	8.01	0.73
C ₂	65 - 94	1	1.22	2.67	54	7.88	4.24
C ₃	94 - 104	4	1.15	2.70	57	8.29	0.42

Fecha: 10 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 32

Unidad de suelo: Feozem Vértico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 2 Km al noreste de Teñhe, Municipio de Mixquiahuala, Hgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2040 msnm

GEOLOGÍA: Basaltos de la Formación Pachuca.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tecamatlán.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra de San Nicolás.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera del Cerro Loma Larga.

RELIEVE: Ligeramente inclinado.

PENDIENTE: 14 %

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal y pecuario

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule de *Opuntia robusta*, *O. Streptocantha* y *Myrtillocactus geometrizans*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación, pedregosidad y relieve.

USO POTENCIAL: Agricultura de temporal con aptitud media y pecuario caprino.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{p1}	0 - 20	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	52	20	28	FRANCO ARENO-ARCILLOSO
A _{p2}	20 - 37	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	48	30	22	FRANCO
C ₁	37 - 70	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo gris.muy obs.	54	36	10	FRANCO ARENOSO
C ₂	70 - 93	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo gris.muy obs.	48	36	16	FRANCO
C ₂	93 - 114	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/2 pardo gris.muy obs.	42	34	24	FRANCO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza	D. Aparente	D. Real	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{p1}	0 - 20	3.41	1.18	2.61	54	7.29	1.67
A _{p2}	20 - 37	2.91	1.17	1.95	40	7.00	1.40
C ₁	37 - 70	2.00	1.18	2.45	51	7.88	1.20
C ₂	70 - 93	1.35	1.03	2.57	59	8.09	1.00
C ₂	93 - 114	1.28	1.12	2.68	58	7.81	1.20

Fecha: 10 - 02 -96

PROYECTO AJACUBA**Perfil: 34****Unidad de suelo: Vertisol háplico.****DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS**

LOCALIZACIÓN: 1 Km al noreste de Arbol Grande, Mpio. de Mixquiahuala, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2000 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos calcáreos de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Plano-valle de Mixquiahuala.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle.

RELIEVE: Ligeramente ondulado.

PENDIENTE: Regular del 3%.

USO DEL SUELO: Agricultura de riego y pecuario

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuente.

PROBLEMÁTICA: Riego con aguas residuales, suelos muy compactados y drenaje deficiente.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{1p}	0 - 25	5 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	40	24	36	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	25 - 50	5 YR 4/1 gris oscuro	5 YR 2.5/2 pardo rojizo oscuro	26	24	50	ARCILLA
C ₁	50 - 69	10 YR 5/1 gris	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	20	26	54	ARCILLA
C ₂	69 - 95	10 YR 5/2 pardo grisáceo	10 YR 3/1 gris muy oscuro	22	22	56	ARCILLA

Hor.	Prof. (cm)	Dureza Kgf/cm ²	D. Aparente Kg/m ³	D. Real Kg/m ³	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 25	2.16	0.96	2.34	58	7.65	3.41
C ₁	25 - 50	2.16	1.16	2.51	53	7.51	0.55
C ₁	50 - 69	2.48	1.11	2.49	55	7.55	1.15
C ₂	69 - 95	2.96	1.11	2.42	54	7.31	0.53

Fecha: 10 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 42

Unidad de suelo: Feozem Vértico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 2 Km al sur de Tepatepec, Municipio de Francisco I. Madero, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2085 msnm.

GEOLOGÍA: Formación San Juan.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlapacoya.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra de San Nicolás.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera de cerro.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: 65%.

USO DEL SUELO: Pecuario.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral crasicaule con *Myrtillocactus geometrizans*, *Opuntia streptocantha* y *Karwinskia humboldtiana*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Muy abundante.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación y pedregosidad.

USO POTENCIAL: Pecuario con aptitud baja.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 11	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	10 YR 2/1 negro	46	26	28	FRANCO ARENO-ARCILLOSO
2A	11 - 24	10 YR 3/1 gris muy oscuro	10 YR 2/1 negro	26	18	56	ARCILLOSO
2AC	24 - 44	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 3/2 pardo grisáceo muy oscuro	20	62	18	FRANCO LIMOSO
2C	44 - 80	7.5 YR 5/2 pardo	7.5 YR 4/2 pardo oscuro	20	2	78	ARCILLOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza	D. Aparente	D. Real	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 11	2	1.05	2.42	56	5.07	5.28
2A	11 - 24	4	1.14	3.06	62	7.71	4.16
2AC	24 - 44	3	1.15	2.46	56	8.01	2.35
2C	44 - 80	3.5	1.16	2.13	45	8.18	0.35

Fecha: 11 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 46

Unidad de suelo: Feozem háplico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: Puerto Chiquito, Municipio de San Salvador, Hgo.

CLIMA: BS₁ seco templado.

ALTITUD: 2100 msnm.

GEOLOGÍA: Rocas ígneas de la Formación Pachuca.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Sierra de San Nicolás.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Ladera de cerro.

RELIEVE: Inclinado.

PENDIENTE: 5% concava.

USO DEL SUELO: Agricultura de temporal y riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Matorral xerófito de *Opuntia streptacanta*, *O. miclaea*, *Jatropha dioica*, *Karwinskia mollis*.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Frecuentes.

PROBLEMÁTICA: Escasa precipitación y relieve.

USO POTENCIAL: Agricultura mecanizada de riego.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 17	10 YR 4/2 pardo grisáceo obsc.	10 YR 2/2 pardo muy oscuro	68	24	8	FRANCO ARENOSO
C	17 - 53	7.5 YR 7/2 gris rosáceo	7.5 YR 3/4 pardo oscuro	56	28	16	FRANCO ARENOSO
R	53 - 83	CONGLOMERADO					

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kg/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 17	1.31	1.03	2.31	55	8.09	2.57
C	17 - 53	1.00	1.31	2.60	49	8.26	1.00
R	53 - 83	CONGLOM.					

Fecha: 11 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA

Perfil: 111

Unidad de suelo: Feozem Vértico

DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS

LOCALIZACIÓN: 1 Km al este de Tepatepec, Mpio. de Francisco I. Madero, Hidalgo.

CLIMA: BS₁ Seco templado.

ALTITUD: 2020 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos lacustres de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA: Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Valle de Tepatepec.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle.

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%

USO DEL SUELO: Agricultura de riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Sin problemas.

USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud alta.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A _{p1}	0 - 13	10 YR 6/2 gris pardusco claro	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	42	32	26	FRANCO
A _{p2}	13 - 39	7.5 YR 6/2 gris rosáceo	7.5 YR 3/2 pardo oscuro	36	28	36	FRANCO ARCILLOSO
C ₁	39 - 82	10 YR 6/1 gris	10 YR 4/1 gris oscuro	44	32	24	FRANCO
C ₁	82 - 103	10 YR 6/1 gris	10 YR 3/1 gris muy oscuro	48	26	26	FRANCO ARCILLO- ARENOSO
C ₂	103 - 122	10 YR 7/3 pardo muy pálido	7.5 YR 4/2 pardo oscuro	54	26	20	FRANCO ARCILLO- ARENOSO
C ₃	122 - 140	7.5 YR 8/2 blanco rosáceo	7.5 YR 6/2 pardo claro	40	42	18	FRANCO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza	D. Aparente	D. Real	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A _{p1}	0 - 13						3.92
A _{p2}	13 - 39						3.63
C ₁	39 - 82						1.74
C ₁	82 - 103						1.89
C ₂	103 - 122						0.80
C ₃	122 - 140						0.73

Fecha: 29 - 06 - 96

ROYECTO AJACUBA**Barrerna:12****Unidad de suelo: Feozem háplico****DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS**

LOCALIZACIÓN: 3 Km al suroeste de Mixquiahuala de Juárez, Mpio. de Mixquiahuala, Hgo.

CLIMA: BS₁ seco templado.

ALTITUD: 2100 msnm.

GEOLOGÍA: Sedimentos clásticos calcáreos de la Formación Tarango.

ZONA ECOLÓGICA :Árida.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Planicie de Mixquiahuala.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Planicie.

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%

USO DEL SUELO: Agricultura de riego.

TIPO DE VEGETACIÓN: Área sin vegetación natural.

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Escasa.

PROBLEMÁTICA: Suelo poco profundo, posible salinidad y contaminación.

USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 30	10 YR 4/2 pardo grisáceo oscuro	10 YR 2/1 negro	70	16	14	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kg/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
A	0 - 30	1.2	1.18	2.63	55	7.11	3.61

Fecha: 10 - 02 - 96

PROYECTO AJACUBA**Barrena: 13****Unidad de suelo: Leptosol mólico****DESCRIPCIÓN AMBIENTAL Y DATOS FÍSICO-QUÍMICOS**

LOCALIZACIÓN: Estación eléctrica " El Huerto", Municipio de Tlahuelilpan, Hgo.

CLIMA: Templado húmedo.

ALTITUD: 2100 msnm.

GEOLOGÍA: Rocas ígneas extrusivas.

ZONA ECOLÓGICA: Templada.

PROVINCIA ECOLÓGICA: Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo.

SISTEMA ECOGEOGRÁFICO: Tlaxcoapan.

PAISAJE TERRESTRE: Planicie.

UNIDAD NATURAL O TOPOFORMA: Valle

RELIEVE: Plano.

PENDIENTE: 2%.

USO DEL SUELO: Agricultura de riego

TIPO DE VEGETACIÓN:

PEDREGOSIDAD SUPERFICIAL: Abundante

PROBLEMÁTICA: Escasa profundidad y abundante pedregosidad.

USO POTENCIAL: Agricultura de riego con aptitud media.

Hor.	Prof. (cm)	Color seco	Color húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural
A	0 - 18	10 YR 4/1 gris oscuro	10 YR 2/1 negro	58	26	16	FRANCO ARENOSO

Hor.	Prof. (cm)	Dureza (Kg/cm ²)	D. Aparente (Kg/m ³)	D. Real (Kg/m ³)	Porosidad (%)	pH (1:2.5)	Mat. Org. (%)
	0 - 18	2.13	1.19	2.55	53	7.37	2.09

Fecha: 10 - 02 - 96