



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"ZARAGOZA"**

**"Clasificación y Diagnóstico del Recurso Suelo
en el Valle del Mezquital, Hidalgo"**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

P R E S E N T A:

YENI ALEJANDRA LÓPEZ ZEPEDA

Director de Tesis:

M en C. RAMIRO RÍOS GÓMEZ



MÉXICO, D. F. JUNIO DE 2007



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICATORIA

ESTE ES EL RESULTADO DE UN ARDUO TRABAJO DE FORMACIÓN A TRAVÉS DE ALGUNOS AÑOS, EL CUAL NO HUBIERA SIDO POSIBLE SIN LA AYUDA DE ESOS DOS SERES QUE ME REGALARON ESTA VIDA Y QUE DÍA CON DÍA HAN LUCHADO PARA LOGRAR DEJARME ESTA VALIOSA HERENCIA.

MUCHAS GRACIAS POR ESTAR CONMIGO Y APOYARME EN TODO MOMENTO Y ENSEÑARME QUE TODO EN LA VIDA CUESTA, PERO SI REALMENTE LO DESEAMOS, AL FINAL LO LOGRAREMOS.

GRACIAS POR TODAS LAS ENSEÑANZAS QUE HAN PODIDO DARME.

ESTE TRABAJO ES POR USTEDES Y PARA USTEDES, CON LO CUAL ESPERO QUE PUEDAN SENTIRSE ORGULLOSOS DE MÍ, YA QUE YO, SI LO ESTOY DE USTEDES; POR TODO LO QUE SON Y LO QUE NO HAN LLEGADO A SER.

¡LOS QUIERO MUCHO PAPÁ Y MAMÁ!

TAMBIÉN TE LO DEDICO A TI HERMANA PORQUE HEMOS SIDO COMPAÑERAS INTERMINABLES DE TODA UNA VIDA Y AUNQUE EXISTEN DIFERENCIAS ABISMALES ENTRE NOSOTROS, FINALMENTE ESTAMOS UNIDAS POR UN LAZO DE ORO QUE NUNCA TERMINARA POR ROMPERSE.

A ESE PEQUEÑITO QUE VINO A ALEGRARNOS LA VIDA Y QUE EN MAS DE UNA OCASIÓN ME ACOMPAÑO ENTRE LOS BRAZOS EN MIS DESVELOS.

¡VA POR TI CHAPARRITO!

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México por que me dio la oportunidad de pertenecer a ella como miembro activo en la superación profesional, académica y humana de esta comunidad.

A la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza por ser la casa que me abrigó durante el transcurso de esta hermosa carrera y logró formar a una profesionista, pero sobre todo, a un ser humano.

Al M. en C. Ramiro Ríos Gómez por la interminable paciencia para contribuir a la formación de profesionistas y seres humanos; por su innegables conocimientos y experiencia compartidos con todo aquel que lo necesita.

Al M. en C. Eliseo Castellano de Rosas por el tiempo dedicado a este trabajo con su invaluable apoyo a través del laboratorio de geomática.

A la Biol. Balbina Vázquez Benitez por su valiosa aportación en el tema de vegetación y todos los consejos otorgados para la realización de esta investigación.

A la Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza por sus apreciables sugerencias para mejorar la estructura de esta tesis y por haber formado parte de mi recorrido a través de esta Institución como profesora y ahora, como miembro del jurado.

A la Biol. Elvia García Santos por sus acertados comentarios sobre el trabajo desarrollado.

A Ariadna Guerrero por ser una gran amiga y apoyo en todo momento. Porque es bueno saber que se cuenta con alguien con quien se ha sembrado la semilla de la amistad y hoy se le ve crecer y madurar.

A Diana F. y Diana B. por comenzar junto a mí esta hermosa travesía, la cual en principio nadie sabía si la iba a terminar pero finalmente, todas lo hemos hecho.

A Deisy, Ana, Leobardo y Angel E. por todos los momentos compartidos durante este peregrinar para lograr nuestros objetivos; porque sin ustedes esto no hubiera sido tan amable y divertido.

¡Gracias chicos por ser parte de todo esto!

A mis abuelitos, tíos y primos por caminar junto a mi y darme su cariño y apoyo y enseñarme lo bella que puede ser la vida si se tiene a lado a una familia como la nuestra.

A todos los que estuvieron conmigo dentro y fuera de la escuela y que de alguna manera mostraron su apoyo y confianza hacia mí.

A todas aquellas personas que saben que son importantes en mi vida y que en algún momento de esta, me tomaron de la mano para evitar una caída o mejor aún, me ayudaron a levantar.

A ti, por ser parte fundamental de este logro, como resultado de colocar un granito de arena en mi ser y mi persona.

A ti, por brindarme tu cariño y comprensión en todo momento.

¡ GRACIAS !

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	1
I INTRODUCCIÓN	2
II JUSTIFICACIÓN	4
III OBJETIVOS	
3.1 General	5
3.2 Específicos	5
IV ANTECEDENTES	
4.1 Clasificación de suelos	6
4.2 Sistemas de clasificación de suelos	9
4.2.1 FAO-UNESCO	9
4.2.2 Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo	10
4.2.3 Soil Taxonomy	12
4.3 Levantamiento de suelos	13
4.4 Uso y manejo de suelos	15
V ÁREA DE ESTUDIO	
5.1 Ubicación geográfica	17
5.2 Geología	19
5.3 Clima	20
5.4 Suelo	20
5.5 Vegetación	21
5.6 Fauna	21
5.7 Tradiciones alimenticias	22

	MATERIAL Y MÉTODOS	23
VI	RESULTADOS	
VII	7.1 Descripción de perfiles	27
	7.2 Caracterización físico-química de suelos	56
	7.3 Factores limitantes de la productividad	59
	7.4 Suelos del Valle del Mezquital y uso actual	61
	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	66
VIII	CONCLUSIONES	79
IX	RECOMENDACIONES	80
X	LITERATURA CITADA	81
XI	ANEXO	i

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ubicación geográfica del Valle del Mezquital	18
Figura 2. Municipios que comprende el Valle del Mezquital	19
Figura 3. Localización de los sitios de muestreo	24
Figura 4. Nopalera de <i>Opuntia cantabrigiensis</i> , <i>Opuntia hyptiacantha</i> y <i>Acacia farnesiana</i>	28
Figura 5. Perfil de Apasco	28
Figura 6. Matorral espinoso de <i>Acacia farnesiana</i>	30
Figura 7. Perfil de suelo de cerro Santa Mónica	30
Figura 8. Matorral subinerme de <i>Brickellia sp.</i>	32
Figura 9. Perfil de suelo de Xhita primero	32
Figura 10. Matorral subinerme de <i>Montanoa sp.</i>	33
Figura 11. Perfil de suelo de El Megui	33
Figura 12. Matorral inerme de <i>Flourensia resinosa</i>	35
Figura 13. Suelo de cerro Juárez	35
Figura 14. <i>Fouquieria splendens</i>	37
Figura 15. Perfil de suelo de Usdejé	37
Figura 16. Matorral crasicaule de <i>Myrtillocactus geometrizans</i>	39
Figura 17. Perfil de suelo de cerro la Canteras	39
Figura 18. Nopalera de <i>Opuntia spp.</i>	41
Figura 19. Perfil de suelo de cerro Bandera	41
Figura 20. Nopalera de <i>Opuntia robusta</i>	45
Figura 21. Perfil de suelo de Presa Golondrinas	45

Figura 22.	Izotal de <i>Yucca filifera</i>	47
Figura 23.	Suelo de Cerro Portezuelo	47
Figura 24.	Perfil de suelo de la localidad de Tixqui	49
Figura 25.	Matorral inerme de <i>Flourensia resinosa</i> y <i>Callia secundiflora</i>	51
Figura 26.	Perfil de suelo de El Pinalito	51
Figura 27.	<i>Casimiroa pubescens</i>	53
Figura 28.	Perfil de suelo de cerro el Fraile	53
Figura 29.	Uso actual de suelo del Valle del Mezquital, Hgo.	62
Figura 30.	Suelos del Valle del Mezquital, Hgo.	63
Figura 31.	Pendientes del Valle del Mezquital	74
Figura 32.	Geoformas del Valle del Mezquital	75

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1	Técnicas utilizadas en los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo 26
Cuadro 2	Características del perfil 1: Apasco 29
Cuadro 3	Características del perfil 2: Cerro Santa Mónica 31
Cuadro 4	Características del perfil 4: El Meghi 34
Cuadro 5	Características del perfil 5: Camino a cerro Juárez 36
Cuadro 6	Características del perfil 6: Usdejé 38
Cuadro 7	Características del perfil 7: Cerro la Cantera 40
Cuadro 8	Características del perfil 8: Cerro Bandera 42
Cuadro 9	Características del perfil 9: Cerro la Cueva 44
Cuadro 10	Características del perfil 10: Presa Golondrinas 46
Cuadro 11	Características del perfil 11: Cerro Portezuelo 48
Cuadro 12	Características del perfil 12: Desviación Tixqui 50
Cuadro 13	Características del perfil 13: El Pinalito 52
Cuadro 14	Características del perfil 14: Cerro el Fraile 54
Cuadro 15	Características del perfil 15: San Andrés Davoxda 55
Cuadro 16	Análisis físicos y químicos de los suelos del Valle del Mezquital, Hgo. 56
Cuadro 17	Factores limitantes de la productividad 59

RESUMEN

Con la finalidad de elaborar un mapa edáfico del Valle del Mezquital, se realizó la apertura, descripción y toma de muestras de perfiles de suelo para su posterior análisis en el laboratorio; éstos se caracterizaron y ubicaron con base en los sistemas de clasificación FAO-UNESCO, Base de Referencia Mundial del Recurso suelo (WRB por sus siglas en inglés) y Soil Taxonomy. Se obtuvieron los mapas de tipos y uso actual del suelo, del que se destacan seis usos principales: forestal, agricultura de riego, pecuario restringido por erosión severa, agricultura de temporal, forestal-pecuario y conservación de flora y fauna silvestre. Por otra parte, se encontró que el suelo dominante en todo el valle, según la WRB es el Leptosol, seguido por orden de importancia de Phaeozem, Vertisol, Chernozem y Regosol. Los principales factores limitantes de la productividad que se encontraron en la zona, son: sequía, profundidad, pedregosidad, pendiente y erosión del suelo. La deforestación y el pastoreo son las causas principales de perturbación y degradación del recurso suelo.

I. INTRODUCCIÓN

La clasificación de los suelos implica conocer su localización y la superficie que ocupa, es decir, hay que plasmar la información en un mapa para que sea posible acceder a ella y utilizarla con facilidad. Al establecer un esquema jerárquico o una clasificación de los suelos, estos se ordenan y relacionan con base en sus semejanzas y diferencias individuales. Hay distintos criterios para delimitar y denominar cada individuo suelo, unos se basan más en la génesis y otros en la morfología del perfil de suelo. La clasificación en relación al primer criterio mencionado, no resulta fácil, a pesar del interés científico evidente, sin embargo; las propiedades morfológicas resultan fácilmente accesibles en una exploración de campo (Porta *et al.*, 1999).

Existe una gran diversidad de suelos en extensiones pequeñas de terreno. Este es un hecho que tiende a ser ignorado, debido al escaso conocimiento de los suelos en todos los niveles y a la poca información sobre el uso y manejo de los mismos. Para conocer las particularidades de los suelos, es necesario caracterizarlos y clasificarlos correctamente para así poder utilizar la información que se tiene en la planeación y manejo del recurso.

Para esta clasificación, actualmente se cuenta con tres de los sistemas más utilizados a nivel mundial: 1)FAO/UNESCO, el cual marca la primera apreciación del recurso suelo del mundo y fue el primer intento por preparar las bases de cooperación internacional para la elaboración de un mapa que cubriera todos los continentes del mundo, utilizando una leyenda uniforme y aunque ha dejado de ser un sistema de clasificación de uso común, fue utilizado en la elaboración de la cartografía del país. 2)Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo (WRB, por sus siglas en inglés), ha

sido utilizada como manual técnico para científicos y correlatores del suelo y para conocer la diversidad y distribución de suelos, además de que la nomenclatura utilizada para los grupos retiene la nomenclatura tradicional e introduce términos fáciles para el lenguaje común; no se aplican parámetros climáticos, lo cual se debe a la dificultad en poder disponer de este tipo de información en muchas partes del mundo. 3) La Soil taxonomy clasifica suelos y no procesos formadores, por lo que solo se requieren conocer las propiedades y características del suelo y no su génesis; tiene en cuenta que los suelos son objeto de uso por el hombre, por lo que debe ser aplicable a suelos agrícolas, sin necesidad de referirse a suelos vírgenes y define con igual precisión todos los niveles jerárquicos, por lo que puede utilizarse tanto a nivel detallado como de generalización (FAO, 1998; Deckers *et al.*, 1998; Bridges *et al.*, 1998).

En el país y en el caso particular del Valle del Mezquital, únicamente se cuenta con el mapa cartográfico general hecho por CETENAL, escala 1:250 000 y no reúne los requisitos de detalle y actualización sobre el estado actual en que se encuentra el recurso, lo cual hace necesario contar con uno más detallado y actualizado con el fin de proponer alternativas de uso y manejo sustentable del suelo en la zona. Por lo anterior, en la presente investigación se pretende dar respuesta a los siguientes cuestionamientos:

- 1). ¿Cuáles son los principales tipos de suelo dentro del Valle del Mezquital?
- 2). ¿Cuál es el estado actual en el que se encuentra el recurso suelo?
- 3). ¿Cuáles son los factores edáficos que limitan la productividad primaria?
- 4). ¿Cuáles son las principales actividades humanas que han conducido al deterioro del recurso suelo?

II. JUSTIFICACIÓN

El Valle del Mezquital esta sujeto a una fuerte presión ambiental ocasionada por las actividades económicas intensivas que el ser humano realiza, tales como la extracción de recursos minerales, sobrepastoreo, deforestación y extracción de recursos vegetales, actividad pecuaria y agricultura bajo riego con aguas residuales; todo ello ha impactado negativamente al suelo.

Por lo anterior es necesario contar con un mapa de distribución y un diagnóstico en el que se encuentra el recurso suelo de la zona con el fin de proponer proyectos y estrategias de aprovechamiento sustentable de los recursos naturales del sitio.

III. OBJETIVOS

3.1 General:

- Elaborar un mapa edafológico del Valle del Mezquital, Hidalgo.

3.2 Específicos:

- Describir morfológicamente los suelos del Valle del Mezquital.
- Caracterizar física y químicamente los suelos.
- Identificar los factores que limitan el potencial productivo de los sitios.
- Clasificar los suelos descritos de acuerdo a los sistemas de clasificación FAO-UNESCO, Soil Taxonomy y Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo.
- Indicar el uso actual del recurso suelo en la zona de estudio.

IV. ANTECEDENTES

4.1 Clasificación de suelos

La clasificación siempre se ha considerado el aspecto más controversial de la ciencia del suelo (Shishov *et al.*, 1986), y es por ahora el problema más urgente de resolver, debido a la creciente necesidad de sistematizar y generalizar la información nueva concerniente a los suelos del mundo.

Todo sistema de clasificación tiene como finalidad el ordenamiento de los objetos con base en sus características principales, de tal manera que toda esa información se sintetiza en unas cuantas palabras. En el caso de los suelos, el objetivo de la clasificación no es diferente. Se conforma en un lenguaje común con el cual se identifican y mencionan las propiedades distintivas principales, logrando un medio de comunicación entre especialistas. Para que la clasificación cumpla con su objetivo debe ser lo más precisa posible. En este sentido, han sido diversos los autores que han expresado su opinión acerca de la clasificación de suelos.

Cline (1949) declaró que el propósito de la clasificación es la organización de nuestro conocimiento, para que las propiedades de los objetos puedan ser recordadas y sus relaciones puedan ser entendidas.

Kellog (1963), opinó que básicamente la clasificación nos ayuda a recordar las características significativas de los suelos, para sintetizar nuestro conocimiento acerca de ellos, ver las relaciones entre unos y otros y con el ambiente, para dar predicciones de su comportamiento y como resultado, obtener respuestas sobre su manejo y manipulación.

La clasificación de suelos es probablemente más antigua que la agricultura. Las primeras comunidades agrícolas de Europa se establecieron sobre los mejores tipos de suelo, durante este tiempo, los agricultores fueron ya capaces de distinguir entre el suelo más y menos productivo (Spaargaren, 2000). El registro más antiguo sobre clasificación de suelos es muy probablemente el libro chino Yuyong, en el cual los suelos de China fueron clasificados en tres categorías y nueve clases, basados en el color, textura y las características hidrológicas (Gong, 1994). Hoy en día este criterio aún es usado por los agricultores para diferenciar los suelos.

Las clasificaciones con propósitos generales parten de la división del suelo en unidades cartográficas de un plano o mapa geográfico, las que después se agrupan en clases. La clasificación de suelos incluye a la taxonomía y la clasificación con propósitos práctico-específicos. La taxonomía debe ser en rigor un sistema formal de nomenclatura, cuyo objetivo es tener clases jerárquicas que permitan entender a los suelos, sus relaciones entre ellos y con sus factores de formación (León, 1991).

Para simplificar el manejo de la información de los suelos, se han producido las clasificaciones con propósitos específicos, que incluye a las clasificaciones interpretativas que según Ortiz-Solorio y Cuanalo (1981), en algunos países llegan a 11. Como sistemas de clasificación general se tienen los originados en China cientos de años atrás por el ingeniero Yu, quién utilizaba el color y la estructura. México cuenta con las clasificaciones Maya, Ojiteca y Purépecha desde tiempos precortesianos que propiamente eran de terrenos. Es en Europa, a mitad del siglo XIX cuando fue hecho un estudio geológico geográfico por Vasili Dokuchaev y colaboradores, originándose los términos "*podzol, sierozem, solonchak y tchernozem*". Poco tiempo después en 1898,

Milton Whitney fundó el United States Soil Survey dentro del Soil Conservation Service teniendo por resultado final, la Soil Taxonomy (León, 1991).

Por otra parte, ordenar y relacionar los distintos suelos individuales supone establecer un sistema jerárquico, es decir, una clasificación de éstos. Existen diferentes criterios para delimitar y denominar cada tipo de suelo y por consiguiente, diferentes sistemas de clasificación (Porta *et al.*, 1999).

Un sistema de clasificación puede basarse en las propiedades o bien en la interpretación de cómo ha llegado el suelo a adquirir tales propiedades y características. En este último caso, se habla de clasificaciones genéticas, que pueden resultar muy especulativas y subjetivas, ya que la interpretación de la génesis de un suelo puede serlo en aquellos sitios que no hayan sido objeto de estudios previos. Algunos autores han preferido basar la clasificación en la morfología y composición del suelo (Simonson, 1982), lo cual evita tener que realizar interpretaciones, en este caso se trata de clasificaciones morfométricas.

Uno de los primeros pasos para el estudio del suelo es su descripción y para ello se recurre por lo general, a los rasgos morfológicos, porque son fácilmente observables y reflejan la acción de los procesos formadores del suelo. El estudio de la morfología permite reconstruir los procesos edafogénicos, las condiciones de medio y en muchos casos, la interpretación o predicción del comportamiento de las plantas y la respuesta del suelo frente a actuaciones tecnológicas o cambios de uso (Porta *et al.*, 1999).

4.2 Sistemas de clasificación de suelos

Según Porta y colaboradores (1999), actualmente existen dos grupos de influencia, FAO-UNESCO y Soil Conservation Service del USDA, ambos han propuesto sus respectivos sistemas sobre denominación de horizontes. Como resultado de sus investigaciones, surgieron las propuestas de clasificación de suelos que se han utilizado en este trabajo.

4.2.1 FAO-UNESCO:

México no cuenta con un sistema de clasificación de suelos propio, lo que origina que se tengan que adoptar sistemas de clasificación desarrollados en otros países. Por tal motivo se adoptó la clasificación propuesta por la FAO-UNESCO en el año de 1968 que fue modificada por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL, actualmente INEGI), la cual es utilizada en la caracterización y cartografía de los suelos (Bautista *et al.*, 2005).

La FAO y la UNESCO en asociación con la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo (ISSS por sus siglas en inglés), aceptaron conjuntamente las recomendaciones hechas durante el sexto y séptimo Congreso en 1956 y 1960 para preparar el mapa de suelos del mundo en escala de 1: 5,000,000 (Spaargaren, 2000).

Este proyecto se inició en 1961 con la finalidad de preparar una correlación universal de unidades de suelos, para obtener un inventario del recurso en el mundo, mediante un conjunto de mapas edafológicos con leyendas comunes. La idea original de este agrupamiento era conjuntar mediante un denominador común las propuestas de las diferentes escuelas o clasificaciones nacionales (Buol y Mc Cracken, 1990). La clasificación FAO-UNESCO de 1968 fue modificada por FAO en 1988, al incrementar el

número de jerarquías principales, de 26 a 28 grupos y las unidades de suelo de 106 a 153. Su elemento básico es la unidad de suelos (León, 1991).

Las unidades de suelos FAO-UNESCO, surgieron como una leyenda de un mapa, el cual pasó a ser una clasificación de suelos (Driessen y Dudal, 1991) de la que deriva la Base de Referencia Mundial para Recursos de Suelos (FAO, 1998).

Los objetivos del proyecto del mapa de suelos del mundo (FAO-UNESCO, 1974) son:

- marcar la primera apreciación de los recursos del mundo,
- proveer las bases científicas para el intercambio de experiencias entre áreas con entornos similares,
- promover el establecimiento generalmente aceptado de la clasificación y nomenclatura de suelos,
- establecer un marco común para más investigaciones detalladas en áreas de desarrollo,
- servir como un documento básico para la educación, investigación y desarrollo de actividades y
- fortalecer contactos internacionales en el campo de la ciencia del suelo (Spaargaren, 2000).

4.2.2 Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo:

La WRB (por sus siglas en inglés), es la sucesora de la Base Internacional de Referencia para la Clasificación de Suelos (IRB por sus siglas en inglés) (FAO, 1998). El nombre de Base de Referencia quiere destacar la función de común denominador que se propone tener este sistema. Fue propuesta inicial por la FAO en 1971 (León,

1991) y establece solamente dos niveles jerárquicos: grupos de suelos y unidades de suelos (FAO, 1998; Deckers *et al.*, 1998). La clasificación FAO (1988) ha sido actualizada por FAO-ISRIC-SICS (1999) al sistema WRB; en donde el número de grupos se incrementó de 28 a 30.

El objetivo principal de la WRB es proporcionar profundidad y base científica a la Leyenda Revisada de FAO 1988, incorporando los últimos conocimientos relacionados con el recurso suelo global y sus interrelaciones, además de:

- desarrollar un sistema internacionalmente aceptable para categorizar el recurso suelo, el cual puede vincularse y relacionarse con las clasificaciones nacionales, usando la Leyenda Revisada de FAO como estructura básica;
- proporcionar una sólida base científica a esta estructura para que también pueda servir en diferentes aplicaciones en áreas relacionadas como agricultura, geología hidrología y ecología;
- enfatizar la caracterización morfológica de suelos.

Y su objetivo mas reciente es alcanzar un acuerdo internacional para que los grupos de suelo mayores puedan ser reconocidos a una escala global, con criterios y metodologías que permitan, definirlos, separarlos y clasificarlos. Tal acuerdo necesita facilitar el intercambio de información y experiencia, proporcionando un lenguaje científico común, además de fortalecer las aplicaciones de la ciencia del suelo y reforzar la comunicación con otras disciplinas (Dudal, 1990).

La WRB está diseñada como un medio de comunicación sencillo entre científicos para identificar, caracterizar y nombrar tipos principales de suelos. No pretende reemplazar los sistemas nacionales de clasificación de suelos, sino ser una herramienta para una mejor correlación entre sistemas nacionales (FAO, 1998).

4.2.3 Soil Taxonomy:

Este sistema de clasificación empezó a elaborarse a raíz de que el Servicio de Investigaciones del suelo del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA por sus siglas en inglés) fuera planteado en 1951, teniendo la necesidad de buscar solución a los problemas que aun estaban sin resolver por parte de algunos investigadores.

La Soil taxonomy establece seis niveles jerárquicos, de homogeneidad creciente entre los suelos incluidos en cada uno de ellos; estos niveles son: orden, suborden, grupo, subgrupo, familia y serie.

Los principios en los que se basa son los siguientes: define a los taxones de forma que sean mutuamente excluyentes, clasifica suelos, no procesos formadores; por lo que solo se requieren conocer las propiedades y características del suelo y no su génesis; considera a los suelos como objeto de uso por el hombre, por lo que su clasificación también se aplica a suelos agrícolas, sin necesidad de referirse a suelos vírgenes más o menos hipotéticos; considera propiedades que por lo general tienen significado frente al uso. La terminología utilizada, puede resultar extraña, pero es autoexplicativa cuando se llegan a entender las reglas nomenclaturales de su clasificación, tornándose clara ya que no requiere traducción a los distintos idiomas.

Además define con precisión todos los niveles jerárquicos, por lo que puede utilizarse a nivel detallado y general. Por último se puede emplear de forma objetiva ya que se basa en caracteres cuantitativos (Porta *et al.*, 1999).

4.3 Levantamiento de suelos

La regionalización fisiográfica ha sido un tema de estudio para muchos investigadores desde fines del siglo pasado. Al principio de siglo había una mayor familiaridad respecto a los nexos existentes entre la tierra y la sociedad y es que las actividades fundamentales del hombre están íntimamente relacionadas con el lugar en el que vive y para poder desarrollarlas de la mejor manera posible, necesita responder a una serie de interrogantes acerca del medio: primero, qué tiene; después, cuánto tiene; y por último, dónde lo tiene. Si puede contestar a estas preguntas está en capacidad de aprovechar adecuadamente los recursos que le brinda el lugar donde vive.

En un intento para encontrar las causas fundamentales de algunos problemas agrícolas y en un esfuerzo para construir una fundación sólida para la investigación futura, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en cooperación con varias estaciones experimentales estatales, principió una investigación sistemática del recurso suelo. Esta investigación se convirtió en un levantamiento e inventario nacional (Foth y Turk, 1975).

En México, como consecuencia de la creación de los distritos de riego por parte de la Comisión Nacional de Irrigación (ahora SARH), se fundó la Dirección de Agrología, que en 1958 publicó el mapa de suelos de México. Posteriormente, otras dependencias como la DETENAL a través de la Secretaría de Programación y Presupuesto y algunas compañías particulares han realizado cartografía de suelos (León, 1991). Actualmente el INEGI, a través de la Dirección General de Geografía está realizando el inventario de los recursos naturales de manera sistemática y a nivel Nacional (INEGI, 1990).

El levantamiento fisiográfico (descripción, análisis e interpretación de perfiles y la delimitación del área que representan) (León, 1991), surge como la mejor opción para responder a las necesidades de evaluación de tierras de las grandes superficies de agricultura de temporal de nuestro país y a la necesidad de definir las distintas áreas geográficas en donde se deben localizar los sitios experimentales para la generación de tecnología agrícola de producción en áreas de temporal, así como las áreas donde se deben implementar las recomendaciones de producción agrícola, una vez obtenidos los resultados de investigación. Esta metodología también ha probado ser de gran utilidad para definir el marco de referencia en un programa de conservación de suelos como lo muestran los trabajos de León (1972), Ortiz-Solorio y Cuanalo (1977). Finalmente esta metodología ha sido utilizada para coleccionar, archivar y obtener información de uso de la tierra y de los requerimientos de investigación, como lo muestra la publicación de Cerda (1975).

Según Kellog (1967), las finalidades de un levantamiento de suelos con propósitos generales, son:

- a) Planeación y aplicación de los resultados de la investigación en el manejo de suelos y plantas.
- b) Determinación de la distribución potencial y la adaptabilidad de cultivos y prácticas de manejo de suelo.
- c) Desarrollo de la clasificación, zonificación y manejo gubernamental de la propiedad.
- d) Planeación de trabajo de ingeniería como carreteras, aeropuertos, represas, drenaje, irrigación y conservación.
- e) La correlación de unidades de clasificación para transferir experiencias de agricultores, ingenieros y científicos agrícolas.

Los mapas de los estudios de suelos contienen información muy variada, pero quizá la más importante es el tipo de suelo, pendiente y grado de erosión que se registra para cada área sobre el mapa. Estos mapas son la base para desarrollar otros para una gran variedad de usos (Foth y Turk, 1975).

4.4 Uso y manejo de suelos

El hombre ha buscado siempre sitios sombreados, buenas tierras y agua suficiente para su desarrollo integral. Sin embargo, ahora resulta imprescindible hacer uso de regiones alejadas de los grandes sistemas de riego, donde la lluvia es escasa y las corrientes superficiales son arroyos ocasionales, formados por agua de escurrimiento cuya duración es igual o un poco mayor que la lluvia que les dio origen (Velasco-Molina, 1991).

El estudio del estado actual del recurso suelo está considerado como una prioridad por la mayoría de los científicos encargados de resolver los problemas del sector agropecuario (FAO, 1988). En la última década del siglo pasado adquirió relevancia especial contar con una base geográfica (planos de suelos), analítica (caracterización de los suelos) y taxonómica (clasificación de los suelos) como herramientas indispensables para poder elaborar los planes y programas de desarrollo y garantizar la sustentabilidad de los recursos que participan en los procesos productivos y generadores de los satisfactores (Parr *et al.*, 1990). Esta sigue siendo hoy en día una necesidad prioritaria.

La conservación del suelo es el resultado de todos los estudios realizados por la ciencia del suelo, la cual consiste en el empleo eficiente de la tierra bajo un sistema de cultivo que la preserve de la erosión. Algunas tierras no son apropiadas para el cultivo

debido a que presentan todas o algunas de las siguientes condiciones: demasiada inclinación, pobre fertilidad y son propensas a la erosión o se encuentran en regiones de condiciones climáticas desfavorables para un cultivo intenso. Así mismo que el uso y la protección adecuados de las tierras dependen principalmente de determinados factores físicos, pero se hallan condicionados al tiempo y a factores económicos. Si el suelo se emplea sin tener en cuenta dichos factores, se inician los procesos de desgaste, los cuales al ir avanzando hacen que la tierra sea cada vez más pobre, llegando eventualmente a convertirse en inútil para el sustento del hombre (Bennett, 1965). El objetivo del presente estudio es contribuir al conocimiento del estado actual en el que se encuentra el recurso suelo en el Valle del Mezquital, además de clasificarlo y mapearlo con la finalidad de proponer alternativas de manejo y/o conservación.

V. ÁREA DE ESTUDIO

5.1 Ubicación geográfica

El estado de Hidalgo se ubica entre los 19°36' y 21°24' de latitud Norte y los 97°58' y 99°54' de longitud Oeste. Está enclavado en tres provincias fisiográficas: el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre Oriental y la llanura costera del Golfo de México (Rzedowski, 1994; INI, 2007).

Tiene aproximadamente 20 905 km² de superficie, que representan el 1.1 % de la superficie total del país, y aproximadamente 2 500 000 habitantes. Limita al norte con San Luis Potosí, al noreste con Veracruz, al sureste con Puebla, al sur con Tlaxcala y el Estado de México, y al oeste con Querétaro (INEGI, 2004).

Muestra una gran diversidad geográfica, lo cual origina la existencia de gran variedad de flora y fauna, así como de condiciones climáticas y geomorfológicas tan distintas y contrastantes entre una región y otra que inciden directamente en los aspectos económicos y forma de vida de sus habitantes; esto, según el INEGI (2004), ha permitido clasificar e identificar nueve regiones naturales que agrupan los municipios con características similares:

- | | | |
|-----------------|--------------------|-------------------------------|
| 1). Altiplano | 4). Sierra Baja | 7). Valle de Tulancingo |
| 2). Huasteca | 5). Sierra Gorda | 8). Valle del Mezquital Norte |
| 3). Sierra Alta | 6). Sierra Tepehua | 9). Valle del Mezquital Sur |

El Valle del Mezquital está dentro de los límites del estado de Hidalgo (Figura 1). Situado en lo alto de la meseta mexicana, con una altitud entre 1,400 m y 2,650 msnm.

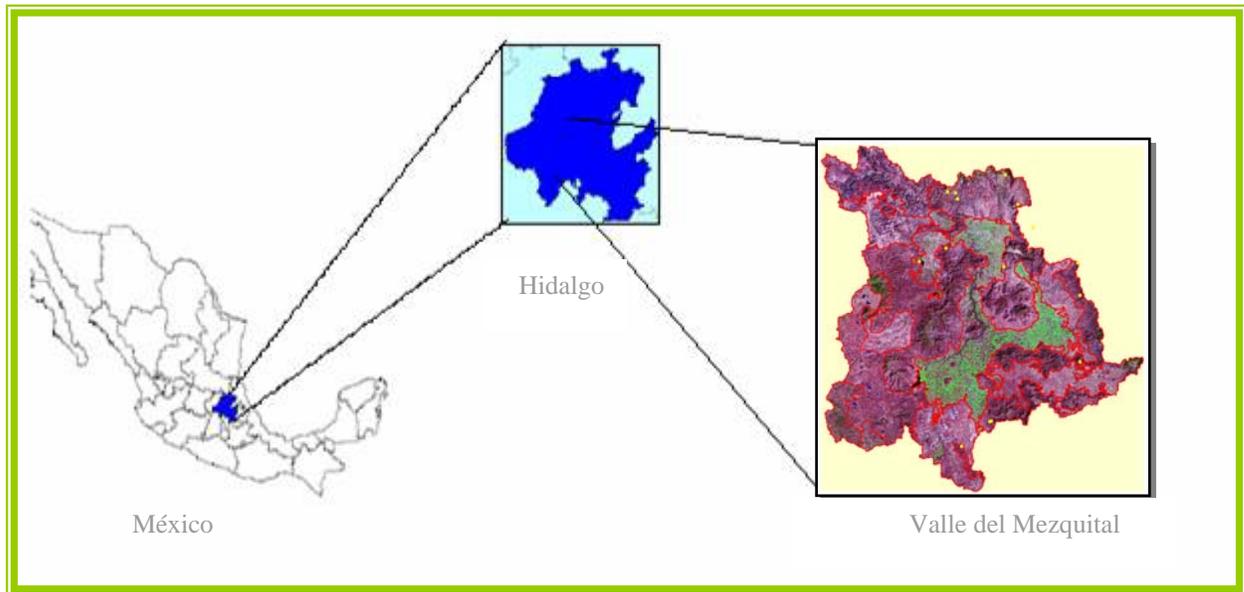


Figura 1. Ubicación geográfica del Valle del Mezquital.

El área total aproximada del Valle del Mezquital, de acuerdo a la delimitación realizada en este trabajo, es de 5 154 km², comprendidos en los siguientes 37 municipios (Figura 2) incluidos en su totalidad o solo parcialmente en el Valle: Cadereyta de Montes, Zimapan, Tecozautla, Tasquillo, Ixmiquilpan, Cardonal, Huichapan, Alfajayucan, Santiago de Anaya, Chapantongo, Chilcuautla, Progreso de Obregón, Mixquiahuala de Juárez, San Salvador, Francisco I. Madero, Actopan, El Arenal, Nopala de Villagrán, Tepetitlán, Tezontepec de Aldama, Tlahuelilpan, Tlaxcoapan, Tetepango, Ajacuba, San Agustín Tlaxiaca, Pachuca de Soto, Mineral del Chico, Jilotepec, Soyaniquilpan de Juárez, Tula de Allende, Atitalaquia, Atotonilco de Tula, Tepeji del Río Ocampo, Apaxco, Huehuetoca, Tequixquiac y Zapotlán de Juárez.

En la provincia de la Sierra Madre Oriental afloran las rocas sedimentarias, continentales y marinas más antiguas de México correspondientes al periodo Precámbrico y junto con éste, una serie completa de unidades estratigráficas que se conocen, ya que abarcan el Paleozoico Superior, todo el Mesozoico y el Cenozoico (INEGI,2004).

La provincia del Eje Neovolcánico cubre una porción del estado en el sur y está constituida predominantemente por rocas ígneas extrusivas (brecha volcánica intermedia, basalto, toba y brecha ácida), sedimentarias (arenisca-conglomerado) y vulcano-sedimentarias (vulcanoclástico) del terciario superior (INEGI, 1982).

5.3 Clima

De acuerdo con la escala de Köppen modificada por García (1973), en el Valle del Mezquital predomina un clima templado-seco con lluvias en verano (BS). La temperatura media anual es de 14.8°C, teniendo la máxima en mayo con 17.3°C. La precipitación total anual es de 543.4 mm, con la máxima incidencia en septiembre con 117.4 mm y la mínima en enero con 8.8 mm (INEGI, 1992).

5.4 Suelo

De acuerdo con la carta edafológica del INEGI (1981), una asociación de suelos formando un mosaico edáfico se presenta en el área de estudio, en donde la unidad de suelo predominante es el Feozem háplico, seguidas por Litosol, Vertisol pélico, Rendzina, Regosol calcárico, Feozem calcárico, Cambisol eutricto, Luvisol cámbico, Regosol eutricto, Castañozem cálcico, Vertisol crómico y Andosol mólico; la textura predominante es la media, seguida de la fina.

5.5 Vegetación

El Valle del Mezquital comprende una superficie árida, por lo que su vegetación la constituyen principalmente matorrales xerófilos (INEGI, 2004).

Miranda y Hernández X. (1963) mencionan cuatro tipos de vegetación para zonas áridas y semiáridas: Bosque espinoso bajo, teniendo como especies principales al mezquite (*Prosopis laevigata*), huizache (*Acacia farnesiana*), nopal (*Cylindropuntia imbricata*) y garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). Matorral submontano, con huizache (*Acacia farnesiana*), guajillo (*Acacia berlandieri*), tullidora (*Karwinschia mollis*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*) como componentes representativos. Matorral crasicaule con especies como palma china (*Yucca filifera*), garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*), ocotillo o albarda (*Fouquieria splendens*), lechuguilla (*Agave lechuguilla*) y biznaga (*Ferocactus latispinus*). Matorral desértico rosetófilo, constituido principalmente por lechuguilla (*Agave lechuguilla*), huapilla (*Hechita podantha*), vara de cuete (*Dasyilirion longissimum*) y nopal cardón (*Opuntia streptacantha*).

5.6 Fauna

La utilización más frecuente de los matorrales xerófilos es la que se practica a través de la ganadería siendo las cabras los animales más comunes en estos ambientes, aunque en muchas partes también se pastorean ganado vacuno, ovino y equino (Rzedowski, 1994). La fauna original es muy variada entre otros existen: coyote, lobo, tlacuache, zorra, zorrillo, conejos, liebres, ratón de campo, serpientes y ardillas (INEGI, 1992).

5.7 Tradiciones alimenticias

En el valle del Mezquital, al sur de la sierra, el clima se torna árido, por lo que abunda el nopal, el maguey, el huizache y por supuesto el mezquite. En esta parte existe gran tradición de la siembra del maguey pulquero y por consiguiente, la tradición del consumo de esta bebida. En la zona magueyera conviven las marcadas tendencias de la cocina clásica española, que se conserva de manera oral en el ambiente de las haciendas, con platillos otomíes.

Dependiendo del clima y las plantas que en él se desarrollen, se consumen diversos vegetales; por ejemplo los matorrales proveen garambullos, tunas, xoconostle y nopales, éstos últimos se pueden preparar de muchas maneras. En el valle del Mezquital se aprovechan las semillas de mezquite molido. Una gran diversidad de hierbas forma parte de la dieta indígena. Los pititos o las flores del colorín se comen fritos con huevo, en frijoles o en tamales de cacahuete entre los habitantes del lugar.

Los insectos también son parte de la alimentación o bien constituir manjares ya que se tienen a los chinicuiles (gusanos rojos del maguey) y a los meocuiles o gusanos blancos; se preparan en salsa o fritos con cebolla y chile verde, envueltos en tortilla caliente. Se comen también los xahuis de la región magueyera, los toritos (insectos negros como hormigas), las cigarras, las hormigas mieleras o escamoles (larvas de hormiga), entre otros (Anónimo, 2000).

VI. MATERIAL Y MÉTODOS

El Valle del Mezquital se delimitó mediante criterios hidrológicos, identificando los parteaguas sobre un modelo de elevación digital.

Con base en los mapas de suelo y topográfica elaborados por el INEGI (1981), se definieron 15 sitios de muestreo (Figura 3) en los cuales se realizó la apertura del perfil, su descripción morfológica y la toma de muestras para su posterior análisis en el laboratorio. Cada uno de los perfiles fue georeferenciado utilizando un GPS marca MAGELLAN Modelo MAP 330.

Mediante el módulo Spatial Analysis del Sistema de Información Geográfica (SIG) Arc View 3.2 se calculó la altitud, pendiente (Figura 31) y geoformas (Figura 32) del Valle. La proyección cartográfica empleada fue UTM; *datum* NAD 27.

Los criterios utilizados para la elaboración del mapa edafológico (Figura 30) a través del SIG, fueron: tipo de vegetación, uso actual de suelo, pendiente y altitud, los cuales se consideraron para la delimitación de cada uno de los tipos de suelo; todo esto apoyado con particular importancia por los resultados obtenidos de los análisis a las muestras tomadas en campo. Las líneas delimitantes de cada área fueron trazadas en el mapa de elevación digital de acuerdo a las distintas tonalidades que presentaba; por ejemplo, las zonas con erosión severa presentan una coloración blanca, mientras que las áreas dedicadas a la agricultura son verdes; la coloración rosa fuerte combinada con verde intenso nos indica que son sitios con abundante vegetación (forestal) y el área propuesta para conservación de flora y fauna fue delimitada básicamente por el tipo de pendiente y geoformas encontradas, lo cual hace difícil el acceso al lugar.

Mediante los recorridos y la observación hecha en campo, se registraron los factores que limitan el potencial productivo de los suelos de manera natural, como: sequía, profundidad del suelo, porcentaje de pedregosidad, pendiente y tipo de erosión en los sitios y aquellos que han sido inducidos por las actividades del ser humano, como la agricultura, deforestación y pastoreo.

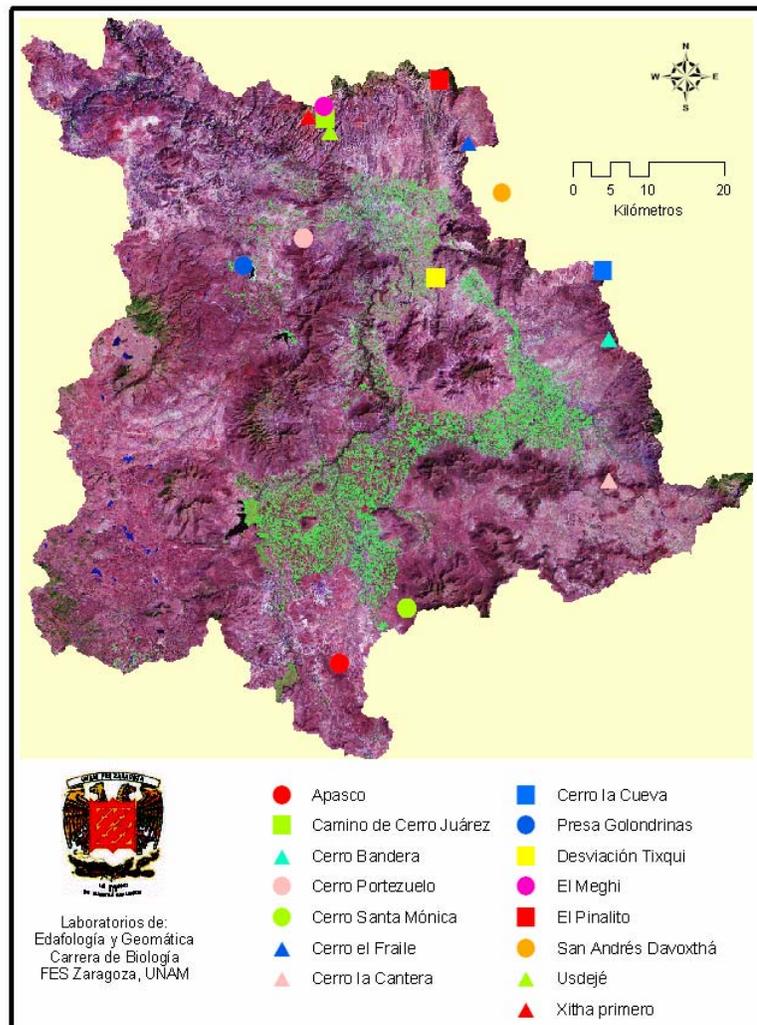


Figura 3. Localización de los sitios de muestreo.

Para los perfiles se hicieron excavaciones de 2 m de largo x 1 m de ancho, con una profundidad establecida hasta donde se observó el horizonte C o R. Posteriormente se realizó la descripción morfológica con base en Cuanalo (1981) de la siguiente manera: para describir el sitio se anota el número de perfil, quien lo describe, fecha, localización, localidad, elevación, relieve, drenaje superficial, flora y fauna; de igual manera, la descripción del perfil debe incluir la siguiente información para cada uno de los horizontes: superficie del suelo, número del estrato y símbolo del horizonte, profundidad, espesor de la capa, humedad, color, textura, pedregosidad, estructura, consistencia, concentraciones e inclusiones de origen pedogenético (estratos endurecidos, cutanes y nódulos), poros permeabilidad, raíces, fauna, reacción del suelo y drenaje del perfil. Las muestras se tomaron de cada uno de los horizontes de acuerdo a la NOM-021-RECNAT-2000, las cuales fueron colocadas en bolsas de plástico y etiquetadas.

Las muestras fueron pre tratadas (secadas, tamizadas, pesadas y almacenadas) de acuerdo con Valencia y Hernández (2002). Las pruebas físicas y químicas fueron realizadas en el laboratorio de Restauración de Suelos de la FES Zaragoza utilizando las técnicas mencionadas en el Cuadro 1. Cada parámetro se realizó con tres repeticiones.

En la identificación de los suelos, se utilizaron los sistemas propuestos por FAO-UNESCO (INEGI, 1990) modificado por la Dirección General de Geografía (DGG), Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo (FAO, 1998) y Soil Taxonomy (Estrada, 1981) El nivel taxonómico al que se clasificaron los suelos, es el de gran grupo en la Soil Taxonomy o su equivalente en los demás sistemas de clasificación que se utilizan.

Cuadro 1. Técnicas utilizadas en los análisis físicos y químicos de las muestras de suelo.

PARÁMETRO	MÉTODO
Color	Comparación con tablas Munsell (en seco y húmedo) (Munsell, 1990).
Densidad aparente	De la probeta (Baver <i>et al.</i> , 1980)
Densidad real	Del picnómetro (Gavande, 1979)
Textura	Bouyoucos (Black, 1965, citado en Gavande, 1979)
Clasificación textural	Por medio del triángulo de texturas
Materia orgánica	Método Walkley-Black (Black, 1934, citado en Gavande, 1979)
pH	Potenciométrico (relación 1:2 acuoso y KCl)
Capacidad de intercambio catiónico (C.I.C.)	Por medio del cloruro de calcio, titulado con EDTA (Jackson, 1982)
Conductividad eléctrica	Pasta de saturación (López, 1974)
Carbonatos y Bicarbonatos	Extracción con agua en pasta de saturación; titulación con ácido sulfúrico 0.05N (Jackson, 1982)
Cloruros	Extracción con agua en pasta de saturación; titulación con Nitrato de plata (Jackson, 1982)
Ca ²⁺ , Mg, Na ²⁺ y K extraíbles	Pasta de saturación (López, 1974) Absorción atómica (Modelo: EspectraA 200. Marca: VARIAN)
Espacio poroso	E.P.=(1-Densidad aparente/Densidad real)100
Humedad del suelo	Por gravimetría

VII. RESULTADOS

7.1 Descripción de perfiles

En el perfil 3 no se recolectó muestra, solamente se describió el sitio y se identificó el tipo de suelo con base en la presencia de los horizontes de diagnóstico.

Los tipos de suelo que aparecen en la descripción, corresponden a los identificados en este trabajo para cada uno de los sitios.

PERFIL No. 1 (Figura 5)
(A, Bt, C, R)

Localidad: Apasco.

Ubicación:

473 470 E

2 207 340 N

Altitud: 2360 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 19-03-2004

Pendiente: 14%

Exposición: Noroeste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca basáltica

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Hídrica ligera

Uso actual: Agro-Forestal con cultivos de avena, alfalfa y maíz

Vegetación: Nopalera de *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia hyptiacantha* y *Acacia farnesiana* con *Ferocactus latispinus*, *Agave salmiana*, *Cylindropuntia imbricata* y *Mammillaria magnimamma* (Figura 4).

Tipo de suelo: Chernozem lúvico de acuerdo a la FAO
Chernozem lúvico de acuerdo a la WRB
Calcicustoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 4. Nopalera de *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia hyptiacantha* y *Acacia farnesiana*.



Figura 5. Perfil de Apasco.

Cuadro 2. Características del perfil 1: Apasco.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-20	Superficie pedregosa en un 30%. Color en seco 10YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Arcilloso. Muy pedregoso (25%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) y medias (de 5 a 10 cm), angulares y subangulares. Estructura poliédrica, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco y firme en húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, oblicuos y verticales, dentro y fuera de los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces abundantes (de 100 a 500 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (10 mm de diámetro). Se observaron lombrices de tierra. Bien drenado. No calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
Bt	20-45	Transición al horizonte C media con límite irregular. Ligeramente húmedo. Color en seco N2.5/ (Negro) y en húmedo N2.5/ (negro). Arcilloso. Pedregoso (15%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) y medias (de 5 a 10 cm) subangulares. Estructura de bloques angulares, moderadamente desarrollada. Consistencia muy dura en seco, muy firme en húmedo y pegajosa en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (mas de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad moderada. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). Se observaron algunas lombrices. Bien drenado. Poco calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	45-60	Transición al horizonte R tenue con límite horizontal. Húmedo. Color en seco 7.5YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 7.5YR 2.5/1 (negro). Arcillo-arenoso. Muy pedregoso (de 20 a 50%), piedras grandes (de 10 a 20 cm) a muy grandes (más de 20 cm), angulares y subangulares. Estructura de bloques angulares, fuertemente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo y pegajosa en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, intersticiales, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Pocas raíces (de 5 a 10 por 3 dm ²), medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Muy calcáreo. Presencia de alfanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
R	60-	Roca basáltica.

PERFIL No. 2 (Figura 7)
(A, Bt, C, R)

Localidad: Cerro Santa Mónica.

Ubicación:

482 256 E

2 214 593 N

Altitud: 2291 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 19-03-2004

Pendiente: 11%

Exposición: Oeste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Rocas basáltica y riolita

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Hídrica imperceptible

Uso actual: Agro-Forestal con cultivos de avena, alfalfa y maíz

Vegetación: Matorral espinoso de *Acacia farnesiana* con *Zanthoxylum affine* y *Rhus sp.*, *Forestiera sp.*, *Lycium sp.*, *Plumbago sp.*, *Prosopis laevigata* y *Opuntia hyptiacantha* (Figura 6).

Tipo de suelo: Chernozem lúvico de acuerdo a la FAO
Chernozem lúvico de acuerdo a la WRB
Calcicustol de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 6. Matorral espinoso de *Acacia farnesiana*.



Figura 7. Perfil de suelo de cerro Santa Mónica.

Cuadro 3. Características del perfil 2: Cerro Santa Mónica.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-30	Superficie pedregosa en un 7%. Transición al horizonte Bt marcada. Seco. Color en seco 10YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Arcilloso. Muy pedregoso (50%), piedras angulares y subangulares. Estructura grumosa, moderadamente desarrollada. Consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo y pegajosa en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, caóticos, dentro de los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. No calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
Bt	30-45	La transición al horizonte C tenue con límite irregular. Ligeramente húmedo. Color en seco N2.5/ (negro) y en húmedo N2.5/ (negro). Arcilloso. Muy pedregoso (25%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a grandes (de 10 a 20 cm), subangulares. Estructura de bloques cúbicos, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo y pegajosa en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (más de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces pocas (de 5 a 10 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a muy gruesas (mayores de 30 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Poco calcáreo. Presencia de alofanos. Débil reacción al H ₂ O ₂ .
C	45-60	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Húmedo. El escaso material suelto se encuentra entre las rocas con alto contenido de materiales gruesos. Color en seco 7.5YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 7.5YR 2.5/1 (negro). No se observó fauna. Muy calcáreo. Presencia de alofanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
R	60-	Rocas basáltica y riolita

PERFIL No. 3 (Figura 9)
(A, C, R)

Localidad: Xhita primero.

Ubicación:

469 261 E

2 279 350 N

Altitud: 2399 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 20-03-2004

Pendiente: 13%

Exposición: Noroeste

Drenaje: Sitio normal

Material geológico: Rocas andesita-basalto de textura muy fina

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida a muy rápida

Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental

Erosión: Moderada

Uso actual: Pecuario-forestal

Vegetación: Matorral subinerme de *Brickellia sp.* con *Agave atrovirens* (maguey pulquero) (Figura 8).

Tipo de suelo: Regosol calcárico de acuerdo a la FAO
Regosol calcárico de acuerdo a la WRB
Ustorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.

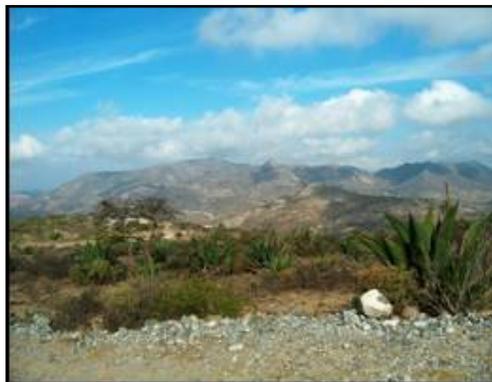


Figura 8. Matorral subinerme de *Brickellia sp.*



Figura 9. Perfil de suelo de Xhita primero.

PERFIL No. 4 (Figura 11)
(A, Bt, C, R)

Localidad: El Meghi.

Ubicación:

481 813 E

2 214 356 N

Altitud: 2232 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 20-03-2004

Pendiente: 21%

Exposición: Este

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Rocas andesitas moderadamente intemperizadas

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y pecuario limitado

Vegetación: Matorral subinerme de *Montanoa sp.* y *Karwiskia s.p* con *Opuntia spp.*, *Prosopis laevigata*, *Ferocactus glaucescens* y *Agave lechuguilla* (Figura 10).

Tipo de suelo: Chernozem lúvico de acuerdo a la FAO
Chernozem lúvico de acuerdo a la WRB
Calciustoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 10. Matorral subinerme de *Montanoa sp.*



Figura 11. Perfil de suelo de El Megui.

Cuadro 4. Características del perfil 4: El Meghi.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-25	Superficie pedregosa en un 50%. Transición al horizonte Bt media con límite ondulado. Seco. Color en seco 10YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (café muy oscuro). Arcillo-arenoso. Pedregoso (20%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a grandes (de 10 a 20 cm), angulares y subangulares. Estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme a muy firme en húmedo, pegajosa y plástica en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm^2), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm^2), finas (menos de 1 mm) y gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). Se observaron hormigas y algunas larvas de coleópteros. Bien drenado. Calcáreo. Presencia de alofanos. Fuerte reacción al H_2O_2 .
Bt	25-70	Transición al horizonte C tenue con límite irregular. Ligeramente húmedo. Color en seco 2.5Y 4/1 (gris oscuro) y en húmedo es 2.5Y 2.5/1 (negro). Arcilloso. Pedregoso (10%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) y medias (de 5 a 10 cm), angulares y subangulares. Estructura poliédrica angular, moderadamente desarrollada. Consistencia muy dura en seco, muy firme en húmedo, pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm^2), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), verticales y oblicuos, tubulares e intersticiales, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm^2), finas (menos de 1 mm), delgadas (de 1 a 3 mm) y medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. No calcáreo. Presencia de alofanos. Fuerte reacción al H_2O_2 .
C	70-96	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Húmedo. Color en seco 7.5YR 5/2 (café) y en húmedo 7.5YR 3/3 (café oscuro). Arcillo-arenoso. Ligeramente pedregoso (del 1 al 5%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) y medias (de 5 a 10 cm), subangulares. Estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo, pegajoso y ligeramente plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm^2), finos (de 1 a 2 mm), intersticiales. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm^2), finas (menos de 1 mm). No se observó fauna. Bien drenado. No calcáreo. Presencia de alofanos. No hay reacción al H_2O_2 .
R	96-	Rocas andesitas moderadamente intemperizadas.

PERFIL No. 5 (Figura 13)
(A, C, R)

Localidad: Camino a cerro Juárez.

Ubicación:

471 628 E

2 279 051 N

Altitud: 2274 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 20-03-2004

Pendiente: 35%

Exposición: Este

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Rocas lutitas intercaladas con sedimentos calizos

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental

Erosión: Moderada a fuerte

Uso actual: Forestal

Vegetación: Matorral subinermes de *Flourensia resinosa* con *Chrysactinia mexicana*, *Agave striata*, *Dodonaea viscosa*, *Neolloydia conoidea*, *Thelocactus sp.*, *Opuntia stenopetala*, *Karwinskia humboldtiana* y *Condalia mexicana* (Figura 12).

Tipo de suelo: Litosol con base en la FAO

Leptosol lítico de acuerdo a la WRB

Xerofluvent de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 12. Matorral inermes de *Flourensia resinosa*.



Figura 13. Suelo de cerro Juárez.

Cuadro 5. Características del perfil 5: Camino a cerro Juárez.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-8	Superficie pedregosa en un 80%. Transición al horizonte C media y horizontal. Seco. Color en seco 2.5Y 7/3 (amarillo pálido) y en húmedo 2.5Y 5/4 (castaño verde oliva ligero). Arenoso. Extremadamente pedregoso (60%), piedras muy grandes (mas de 20 cm), angulares y laminares. Estructura débilmente desarrollada. Consistencia blanda en seco y friable en húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (mas de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), continuos y caóticos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Excesivamente drenado. Muy calcáreo. Ausencia de alofanos. Débil reacción al H ₂ O ₂ .
C	8-15	Transición al horizonte R tenue col límite irregular. Seco. Las piedras son dominantes (90%), angulares de 5 mm de espesor y 35 a 60 mm de largo. Sin estructura. Presenta estratos endurecidos representados por las lutitas, sin cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), intersticiales. Permeabilidad rápida. Pocas raíces (de 5 a 10 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Excesivamente drenado. Los materiales geológicos tienen una orientación oblicua casi vertical, debido a plegamientos orográficos.
R	15-	Rocas lutitas intercaladas con sedimentos calizos.

PERFIL No. 6 (Figura 15)
(A, C, R)

Localidad: Usdejé.

Ubicación:

472 139 E

2 277 243 N

Altitud: 2096 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 20-03-2004

Pendiente: 25%

Exposición: Noreste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca calcárea intemperizada

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y pecuario

Vegetación: Matorral subinérmico de *Lippia graveolens* y *Karwinskia* sp. con *Fouquieria splendens*, *Agave lechuguilla*, *Opuntia* spp., *Prosopis laevigata*, *Myrtillocactus geometrizans* y *Hechtia* sp. (Figura 14).

Tipo de suelo: Phaeozem calcárico de acuerdo a la FAO
Phaeozem calcárico de acuerdo a la WRB
Rendoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 14. *Fouquieria splendens*.



Figura 15. Perfil de suelo de Usdejé.

Cuadro 6. Características del perfil 6: Usdejé.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-40	Superficie del suelo es pedregosa en un 30%. Transición al horizonte C media con límite ondulado. Seco. Color en seco 10YR 4/1 (gris oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Migajón-arenoso. Pedregoso (15%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a grandes (de 10 a 20 cm), angulares y subangulares. Estructura débilmente desarrollada. Consistencia blanda en seco, muy friable en húmedo, ligeramente pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm^2), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de más de 5 mm), continuos, caóticos, intersticiales y tubulares, dentro y entre los agregados. Permeabilidad muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm^2), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). Se observaron hormigas. Bien drenado. Muy calcáreo. Ausencia de alofanos. Fuerte reacción al H_2O_2 .
C	40-60	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 5/2 (castaño grisáceo) y en húmedo 10YR 3/2 (castaño grisáceo muy oscuro). Arenoso. Muy pedregoso (40%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a grandes (de 10 a 20 cm), angulares y subangulares. Sin estructura. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm^2) a numerosos (más de 200 por dm^2), muy finos (de 0.075 a 1 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos y caóticos. Permeabilidad muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm^2), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). Excesivamente drenado. Muy calcáreo. Ausencia de alofanos. Débil reacción al H_2O_2 .
R	60-	Roca calcárea intemperizada.

PERFIL No. 7 (Figura 17)
(A₁, A₂, C, R)

Localidad: Cerro la Cantera.

Ubicación:

508 716 E

2 231 353 N

Altitud: 2378 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 16-04-2004

Pendiente: 30%

Exposición: Este

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca basáltica

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y pecuario

Vegetación: Matorral crasicaule de *Myrtillocactus geometrizans* con *Opuntia cantabrigiensis*, *Yucca filifera*, *Agave sp.*, *Acacia farnesiana*, *Prosopis laevigata*, *Brickellia sp.*, *Mammillaria rodhantha*, *Mammillaria magnimamma*, *Ferocactus glauscescens*, *Coryphantha radians*, *Coryphantha octacantha*, *Jatropha dioica* y *Cylindropuntia imbricata* (Figura 16).

Tipo de suelo: Phaeozem calcárico de acuerdo a la FAO
Phaeozem calcárico de acuerdo a la WRB
Rendoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 16. Matorral crasicaule de *Myrtillocactus geometrizans*.



Figura 17. Perfil de suelo de cerro la Cantera.

Cuadro 7. Características del perfil 7: Cerro la Cantera.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A ₁	0-25	Superficie pedregosa en un 40%. Seco. Color en seco 10YR 3/2 (castaño grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (café muy oscuro). Migajón-arenoso. Muy pedregoso (25%), piedras muy grandes (más de 20 cm), angulares y subangulares. Estructura poliédrica-grumosa, moderadamente desarrollada. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²) a numerosos (más de 200 por dm ²), intersticiales, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces abundantes (de 100 a 500 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Muy calcáreo. Presencia de alofanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
A ₂	25-60	Transición al horizonte C tenue con límite ondulado. Seco. Color en seco 10YR 4/2 (castaño grisáceo oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Migajón-arenoso. Muy pedregoso (40%), piedras medias (de 5 a 10 cm) a muy grandes (más de 20 cm), angulares. Estructura débilmente desarrollada. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (más de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos y caóticos. Permeabilidad rápida a muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). Se observaron hormigas. Excesivamente drenado a bien drenado. Muy calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	60-70	Color en seco 10YR 7/2 (Gris ligero) y en húmedo 10YR 5/2 (castaño grisáceo). Material calcáreo muy intemperizado. Poroso. Raíces raras (de 3 a 5 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm de diámetro). Muy calcáreo. Presencia de alofanos. Débil reacción al H ₂ O ₂ .
R	70-	Roca basáltica.

PERFIL No. 8 (Figura 19)
(A, R)

Localidad: Cerro Bandera.

Ubicación:

508 718 E

2 249 919 N

Altitud: 2259 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 16-04-2004

Pendiente: 25%

Exposición: Oeste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Rocas pizarras y lutitas apizarradas, basalto y riolita en menor grado

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y pecuario limitado

Vegetación: Nopalera de *Opuntia spp.* con *Ferocactus latispinus*, *Mammillaria magnimamma*, *Mimosa biuncifera*, *Agave lechugilla*, *Agave sp.* y *Coryphantha radians* (Figura 18).

Tipo de suelo: Litosol de acuerdo a la FAO

Leptosol lítico de acuerdo a la WRB

Ustorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 18. Nopalera de *Opuntia spp.*



Figura 19. Perfil de suelo de cerro Bandera.

Cuadro 8. Características del perfil 8: Cerro Bandera.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Superficie pedregosa en un 60%. Transición al horizonte R media con límite ondulado. Seco. Color en seco 10YR 3/2 (castaño grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (café muy oscuro). Migajón-arcilloso. Muy pedregoso (30%), piedras medias (de 5 a 10 cm), angulares y laminares. Estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo, pegajosa y plástica en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) dentro los agregados y finos (de 1 a 2 mm) entre los agregados, continuos, caóticos y oblicuos. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Poco calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
R	15-	Rocas pizarras y lutitas apizarradas, basalto y riolita en menor grado.

(A, C, R)

Localidad: Cerro la Cueva.

Ubicación:

508 060 E

2 259 043 N

Altitud: 2207 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 16-04-2004

Pendiente: 31%

Exposición: Sur

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Rocas pizarra y lutitas apizarradas, basalto y riolita en menor grado; todas ellas mezcladas

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y pecuario limitado

Vegetación: Matorral subinerme de *Dalea sp.* y *Cassia sp.* con *Opuntia robusta*, *Agave lechuguilla*, *Mammillaria rodantha o discolor*, *Mammillaria magnimamma* y *Echinocereus cinerascens*.

Tipo de suelo: Litosol de acuerdo a la FAO

Leptosol lítico de acuerdo a la WRB

Ustorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.

Cuadro 9. Características del perfil 9: Cerro la Cueva.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Superficie pedregosa en un 60%. Transición al horizonte R media con límite ondulado. Seco. Color en seco 10YR 3/2 (castaño grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (café muy oscuro). Migajón-arcilloso. Muy pedregoso (30%), piedras medias (de 5 a 10 cm), angulares y laminares. Estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo, pegajosa y plástica en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) dentro de los agregados y finos (de 1 a 2 mm) entre los agregados, continuos, caóticos y oblicuos. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Poco calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	15-35	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Ligeramente húmedo. Arcillo arenosa. Material suelto entre rocas fragmentadas. Las piedras son dominantes (90%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a medias (de 5 a 10 cm), laminares y angulares; entre ellas en forma localizada se encuentra el suelo con estructura poliédrica angular y subangular, a través de este suelo se abren paso las raíces hasta los 30 cm de profundidad y por debajo de estos, la roca es casi continua. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado.
R	35-	Pizarras y lutitas apizarradas, basalto y riolita en menor grado.

PERFIL No. 10 (Figura 21)

(A, C, R)

Localidad: Presa Golondrinas.

Ubicación:

460 825 E

2 259 568 N

Altitud: 1875 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 17-04-2004

Pendiente: 5%

Exposición: Norte

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca ígnea basáltica y material calcáreo pulverulento o muy intemperizada

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y Pecuario moderado

Vegetación: Nopalera de *Opuntia robusta* con *Opuntia pubescens*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Cylindropuntia imbricata*, *Cylindropuntia tunicata*, *Prosopis laevigata*, *Mimosa depauperata*, *Ferocactus latispinus*, *Coryphantha octacantha*, *Eysenhardtia polystachia*, *Echinocereus cinerascens*, *Jatropha dioica* y *Marginatocereus marginatus* (Figura 20).

Tipo de suelo: Litosol de acuerdo a la FAO

Leptosol lítico de acuerdo a la WRB

Xerorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 20. Nopalera de *Opuntia robusta*.



Figura 21. Perfil de suelo de Presa Golondrinas.

Cuadro 10. Características del perfil 10: Presa Golondrinas.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Superficie pedregosa en un 20%. Transición al horizonte C marcada con límite horizontal. Seco. Color en seco 10YR 4/3 (café) y en húmedo 10YR 2/2 (Café muy oscuro). Migajón-arenoso. Extremadamente pedregoso (65%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm) a medias (de 5 a 10 cm), angulares y subangulares. Estructura débilmente desarrollada. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos e intersticiales. Permeabilidad rápida a muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. No calcáreo. Presencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	15-20	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Seco. Arenoso. Extremadamente pedregoso (70%), piedras angulares y subangulares. Sin estructura. Presenta estrato endurecido, no presenta cutanes ni nódulos. Pocos poros (de 1 a 50 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) hasta gruesos (de más de 5 mm), caóticos e intersticiales. Permeabilidad es rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado.
R	20-	Roca caliza sobre roca basáltica.

PERFIL No. 11 (Figura 23)
(A, C, R)

Localidad: Cerro Portezuelo.

Ubicación:

468 797 E

2 263 312 N

Altitud: 1894 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 17-04-2004

Pendiente: 25%

Exposición: Noroeste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca granítica

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Eje Volcánico Transversal

Erosión: Moderada

Uso actual: Forestal y Pecuario limitado

Vegetación: Izotal de *Yucca filifera* con *Isolatocereus dumortieri*, *Myrtillocactus geometrizans*, *Echinocereus cineracens*, *Montanoa sp.*, *Tecoma stans* y *Lippia graveolens* (Figura 22).

Tipo de suelo: Litosol de acuerdo a la FAO

Leptosol lítico de acuerdo a la WRB

Xerorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 22. Izotal de *Yucca filifera*.



Figura 23. Suelo de Cerro Portezuelo.

Cuadro 11. Características del perfil 11: Cerro Portezuelo.

Horizonte	Profundidad	Descripción
-----------	-------------	-------------

(cm)		
A	0-15	Superficie pedregosa en un 80%. Transición al horizonte C media con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 3/2 (castaño grisáceo muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/2 (café muy oscuro). Migajón-arenoso. Muy pedregoso (25%), piedras medias (de 5 a 10 cm) y grandes (de 10 a 20 cm), subangulares. Estructura moderadamente desarrollada. Consistencia blanda en seco y friable en húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos, verticales y caóticos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. No calcáreo. Presencia de alofanos. Débil reacción al H ₂ O ₂ .
C	15-25	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Seco. Color en seco 2.5Y 5/2 (castaño grisáceo) y en húmedo 2.5Y 4/3 (castaño verde oliva). Migajón-arenoso. Las piedras son dominantes (80%), piedras angulares y subangulares, graníticas y calizas. Sin estructura. Endurecido por carbonato de calcio. No presenta cutanes ni nódulos. Pocos poros (de 1 a 50 por dm ²), continuos. Permeabilidad rápida. Pocas raíces (de 5 a 10 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Muy calcáreo. Presencia de alofanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
R	25-	Lecho de roca caliza con granito.

PERFIL No. 12 (Figura 24)
(O, A₁, A₂, C, R)

Localidad: Desviación Tixqui.
Ubicación:
 486 046 E
 2 258 002 N
Altitud: 1893 msnm
Fecha de descripción y muestreo: 07-05 -2004
Pendiente: 35%
Exposición: Norte
Drenaje: Sitio donador
Material geológico: Roca sedimentaria, lutitas apizarradas con revestimientos de carbonato de calcio marmolizado
Origen del suelo: *In situ*
Permeabilidad: Rápida
Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental
Erosión: Hídrica. Imperceptible en el 90% de la superficie
Uso actual: Forestal y Pastoreo muy limitado
Vegetación: Bosque de Quercus-Enebro con *Quercus sp.*, *Amelanchier sp.*, *Berberis sp.* y *Bouvardia longiflora* (Figura 24).
Tipo de suelo: Rendzina de acuerdo a la FAO
 Leptosol réndzico de acuerdo a la WRB
 Hapludoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 24. Perfil de suelo de la localidad de Tixqui.

Cuadro 12. Características del perfil 12: Desviación Tixqui.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
-----------	------------------	-------------

O	4-0	Hojas de encino, ramas, corteza, líquenes y musgo en un 30% de la superficie.
A ₁	0-30	Superficie cubierta por una capa de hojarasca de 3 a 5 cm de espesor con musgo. Transición al horizonte A ₂ media con límite ondulado. Mojado. Color en seco 7.5YR 5/4 (café) y en húmedo 7.5YR 4/4 (café). Migajón-arcillo-limoso. Pedregoso (15%), piedras pequeñas (4 cm), subangulares. Estructura poliédrica subangular, moderadamente desarrollada. Consistencia dura en seco, firme en húmedo, pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (más de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a medianos (de 2 a 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, tubulares e intersticiales, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida a muy rápida. Raíces comunes comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). Se observaron lombrices de tierra. Bien drenado. Poco calcáreo. Ausencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
A ₂	30-50	Transición al horizonte C media con límite ondulado. Ligeramente húmedo. Color en seco 10YR 5/3 (café) y en húmedo 10YR 4/4 (castaño amarillento oscuro). Migajón-arcilloso. Pedregoso (10%), piedras subangulares. Estructura poliédrica subangular. Consistencia dura en seco, firme en húmedo, pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a medianos (de 2 a 5 mm), continuos, verticales y oblicuos, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (de 3 a 10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Calcáreo, Ausencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	50-55	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 6/3 (castaño pálido) y en húmedo 10YR 4/3 (café). Migajón-arenoso a arenoso. Pedregoso (10%), piedras pequeñas (de 1 a 5 cm), subangulares. Sin estructura. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos, caóticos e intersticiales. Permeabilidad moderada. Raíces raras (de 3 a 5 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). Se presentan manchas oscuras de hasta 10cm de diámetro (origen biológico). No se observó fauna. Bien drenado. Muy calcáreo. Ausencia de alofanos. No presenta reacción al H ₂ O ₂ .
R	55-	Lutitas apizarradas con revestimientos de carbonato de calcio.

PERFIL No. 13 (Figura 26)
(A, R)

Localidad: El Pinalito.
Ubicación:
 486 562 E
 2 284 064 N
Altitud: 2233 msnm
Fecha de descripción y muestreo: 07-05-2004
Pendiente: 12%
Exposición: Norte
Drenaje: Sitio donador
Material geológico: Roca caliza bien consolidada
Origen del suelo: *In situ*
Permeabilidad: Rápida
Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental
Erosión: Hídrica. Ligeramente perceptible a moderada
Uso actual: Forestal y Pastoreo moderado
Vegetación: Ecotono entre bosque de *Pinus cembroides* y matorral inerme de *Flourensia resinosa* y *Callia secundiflora*. Además hay *Casimiroa sp.*, *Spiranthes sp.*, *Mammillaria sempervivi*, *Acacia sp.*, y *Coryphantha radians* (Figura 25).
Tipo de suelo: Rendzina de acuerdo a la FAO
 Leptosol réndzico de acuerdo a la WRB
 Calciustoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 25. Matorral inerme de *Flourensia resinosa* y *Callia secundiflora*.



Figura 26. Perfil de suelo de El Pinalito.

Cuadro 13. Características del perfil 13: El Pinalito.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
-----------	------------------	-------------

A	0-20	Superficie pedregosa en un 80%. Transición al horizonte R media con límite ondulado. Muy húmedo. Color en seco 5YR 2.5/1 (negro) y en húmedo 5YR 2.5/1 (negro). Arcilloso. Pedregoso (10%), piedras medias (de 5 a 10 cm), subangulares. Estructura grumosa, subangular. Consistencia blanda en seco, friable en húmedo, pegajosa y plástica en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (mas de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), intersticiales, entre los agregados. Permeabilidad muy rápida. Raíces abundantes (de 100 a 500 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a medias (10 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Calcáreo. Ausencia de alofanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
R	20-	Roca caliza continua bien consolidada tipo caliche.

PERFIL No. 14 (Figura 28)
(A, C, R)

Localidad: Cerro el Fraile.

Ubicación:

490 256 E

2 275 796 N

Fecha de descripción y muestreo: 07-05-2004

Pendiente: 21%

Exposición: Oeste

Drenaje: Sitio donador

Material geológico: Roca caliza

Origen del suelo: *In situ*

Permeabilidad: Rápida

Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental

Erosión: Moderada tipo hídrica, en algunos puntos con cárcavas de 15 cm de profundidad

Uso actual: Forestal y Pastoreo semi intensivo

Vegetación: Matorral subinermes de *Casimiroa pubescens* (Figura 27) y *Agave sp* con *Brickellia sp.* y *Ferocactus latispinus*.

Tipo de suelo: Rendzina de acuerdo a la FAO

Leptosol réndzico de acuerdo a la WRB

Rendoll de acuerdo a la Soil Taxonomy.



Figura 27. *Casimiroa pubescens*.



Figura 28. Perfil de suelo de cerro el Fraile.

Cuadro 14. Características del perfil 14: Cerro el Fraile.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
-----------	------------------	-------------

A	0-35	Superficie pedregosa en un 70%. Transición al horizonte C tenue con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 3/1 (gris muy oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Arcillo-arenoso. Pedregoso (16%), piedras medias (de 5 a 10 cm), subangulares. Estructura grumosa. Consistencia blanda en seco, friable en húmedo, ligeramente pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (mas de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a medianos (de 2 a 5 mm), intersticiales, dentro y entre los agregados. Permeabilidad rápida. Raíces abundantes (de 100 a 500 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Calcáreo. Ausencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
C	35-45	Transición al horizonte R tenue con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 4/1 (gris oscuro) y en húmedo 10YR 2/1 (negro). Arcillo-arenoso. Extremadamente pedregoso (60%), piedras medias (de 5 a 10 cm). Estructura levemente desarrollada. Consistencia blanda en seco, muy friable en húmedo, ligeramente pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros frecuentes (de 50 a 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos, verticales y oblicuos, intersticiales en su mayoría. Permeabilidad rápida. Pocas raíces (de 5 a 10 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) y delgadas (de 1 a 3 mm de diámetro). Bien drenado. Muy calcáreo. Ausencia de alofanos. Moderada reacción al H ₂ O ₂ .
R	45-	Roca caliza consolidada.

**PERFIL No. 15
(A, R)**

Localidad: San Andrés Davoxda.

Ubicación:

494 752 E

2 269 220 N

Altitud: 2133 msnm

Fecha de descripción y muestreo: 08-05-2004
Pendiente: 34%
Exposición: Sur
Drenaje: Sitio donador
Material geológico: Roca caliza dolomítica
Origen del suelo: *In situ* a partir de la roca caliza
Permeabilidad: Muy rápida
Región fisiográfica: Sierra Madre Oriental
Erosión: Hídrica moderada con surcos ocasionales de hasta 10 cm de profundidad
Uso actual: Forestal y Pecuario restringido
Vegetación: Matorral subinermes de *Callia secundiflora* con *Cylindropuntia sp.*, *Jatropha dioica*, *Decatropis bicolor*, *Agave sp.*, *Montanoa sp.*, *Croton ciliatoglanduliferus*, *Zephyrantes sp.*, *Opuntia cantabrigiensis*, *Opuntia stenopetala* y *Mammillaria gracilis*.
Tipo de suelo: Litosol de acuerdo a la FAO
 Leptosol lítico de acuerdo a la WRB
 Xerorthent de acuerdo a la Soil Taxonomy.

Cuadro 15. Características del perfil 15: San Andrés Davoxda.

Horizonte	Profundidad (cm)	Descripción
A	0-15	Superficie pedregosa en un 85%. Transición al horizonte R media con límite irregular. Seco. Color en seco 10YR 2.5/1 (Negro rojizo) y en húmedo 10YR 2.5/1 (Negro rojizo). Muy pedregoso (35%), desde grava (de 2 mm a 1 cm) hasta piedras grandes (de 10 a 20 cm). Migajón-arenoso. Estructura grumosa, moderadamente desarrollada. Consistencia ligeramente dura en seco, friable en húmedo, pegajoso y plástico en muy húmedo. No presenta estratos endurecidos, cutanes ni nódulos. Poros numerosos (más de 200 por dm ²), tamaño micro (menos de 0.075 mm) a finos (de 1 a 2 mm), continuos, caóticos, intersticiales, entre los agregados. Permeabilidad rápida a muy rápida. Raíces comunes (de 10 a 100 por 3 dm ²), finas (menos de 1 mm) a gruesas (de 10 a 30 mm de diámetro). No se observó fauna. Bien drenado. Poco calcáreo. Ausencia de alofanos. Fuerte reacción al H ₂ O ₂ .
R	15-	Roca caliza dolomítica.

7.2 Caracterización físico-química de suelos

El cuadro 2 muestra los resultados obtenidos de los análisis físicos y químicos realizados en el laboratorio a las muestras recolectadas en los perfiles; ello, con la finalidad de ampliar la caracterización de los suelos, así como apoyar su identificación.

Puede observarse que en general se trata de suelos con perfil A C y solo en tres de ellos se encontró un horizonte Bt.

Cuadro 16. Análisis físicos y químicos de los suelos del Valle del Mezquital, Hgo.

Perfil	Prof (cm)	Pedreg (%)	Color Seco	Color Húmedo	D A (g/cc)	D R (g/cc)	E P (%)	Humedad (%)	pH H ₂ O	pH KCl	C I C (cmol kg ⁻¹)	M O (%)
1A	0-20	25	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/1 Negro	1.02	2.27	59.34	92.97	6.98	6.48	17.44	9.32
1Bt	20-45	15	N 2.5/ Negro	N 2.5/ Negro	1.05	2.27	53.71	100	6.47	6.33	22.64	3.97
1C	45-60	ND	7.5YR 3/1 Gris muy oscuro	7.5YR2.5/1 Negro	1.10	2.15	56.20	93.99	7.81	7.60	23.04	10.87
2A	0-20	25	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/1 Negro	1.02	2.27	59.34	92.97	6.98	6.48	17.44	9.32
2B	20-45	15	N 2.5/ Negro	N 2.5/ Negro	1.05	2.27	53.71	100	6.47	6.33	22.64	3.97
2C	45-60	ND	7.5YR 3/1 Gris muy oscuro	7.5YR2.5/1 Negro	1.10	2.15	56.20	93.99	7.81	7.60	23.04	10.87
4A	0-25	20	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.07	2.18	58.78	95.14	7.88	7.54	22.64	6.73
4Bt	25-70	10	2.5Y 4/1 Gris oscuro	2.5Y 2.5/1 Negro	1.14	2.18	47.79	60.89	7.89	7.45	26.88	2.76
4C	70-96	ND	7.5YR 5/2 Café	7.5YR 3/3 Café oscuro	1.22	2.25	45.83	52.78	5.38	4.92	18.40	0.90
5A	0-8	60	2.5Y 7/3 Amarillo pálido	2.5Y 5/4 Castaño verde oliva ligero	1.12	2.69	58.34	52.55	8.29	8.05	7.12	1.31
6A	0-40	20	10YR 4/1 Gris oscuro	10YR 2/1 Negro	1.03	2.21	53.35	61.08	7.94	7.75	18.88	5.52

Cuadro 16. Continuación

6C	40-60	40	10YR 5/2 Castaño grisáceo	10YR 3/2 Castaño grisáceo muy oscuro	1.18	2.38	50.61	69.15	8.14	7.66	20.48	2.07
7A ₁	0-25	25	10YR 3/2 Castaño grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.04	2.28	58.48	84.92	7.94	7.75	24.24	5.87
7A ₂	25-60	40	10YR 4/2 Castaño	10YR 2/1 Negro	1.14	2.29	50.34	72.88	7.95	7.60	20.08	3.97

7C	60-70	ND	grisáceo oscuro 10YR 7/2 Gris ligero	10YR 5/2 Castaño grisáceo	1.15	2.33	50.46	79.55	8.12	7.83	26.08	0.97
8A	0-15	30	10YR 3/2 Castaño grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.08	2.50	56.80	62.50	5.88	5.13	17.04	1.55
9A	0-10	30	10YR 3/2 Castaño grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.08	2.50	56.80	62.50	5.88	5.13	17.04	1.55
10A	0-15	65	10YR 4/3 Café	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.11	2.63	57.90	59.57	6.40	5.97	13.44	5.35
11A	0-15	25	10YR 3/2 Castaño grisáceo muy oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	1.03	2.38	58.84	72.04	6.92	7.00	17.68	4.66
11C	15-25	80	2.5Y 5/2 Castaño grisáceo	2.5Y 4/3 Castaño verde oliva	1.05	2.50	59.52	69.31	8.02	7.94	15.04	2.97
12A ₁	0-30	13	7.5YR 5/4 Café	7.5YR 4/4 Café	0.92	2.38	47.92	55.38	7.42	7.14	18.96	3.66
12A ₂	30-50	10	10YR 5/3 Café	10YR 4/4 Castaño amarillento oscuro	0.97	2.50	61.12	63.54	8.00	7.77	13.04	4.14
12C	50-55	10	10YR 6/3 Castaño pálido	10YR 4/3 Café	1.15	2.50	53.92	56.48	8.12	7.85	11.12	4.42
13A	0-20	10	5YR 2.5/1 Negro	5YR 2.5/1 Negro	1.08	2.27	52.30	77.72	7.86	7.82	24	6.38
14A	0-35	16	10YR 3/1 Gris muy oscuro	10YR 2/1 Negro	0.98	2.08	53.15	93.41	7.86	7.70	25.68	7.76
14C	35-45	60	10R 4/1 Gris oscuro	10R 2/1 Negro	0.98	2.17	54.92	85.41	7.88	7.80	23.12	7.76
15A	0-15	35	10YR 2.5/1 Negro rojizo	10YR 2.5/1 Negro rojizo	0.98	2.00	51.00	100	7.85	7.53	33.36	8.80

Prof = Profundidad, Pedreg = Pedregosidad, DA = Densidad aparente, DR = Densidad real,
 EP = Espacio poroso, CIC = Capacidad de intercambio catiónico, MO = Materia orgánica,
 ES = Extracto de saturación, CE = Conductividad eléctrica,
 ND = No determinada, Nd = No detectada.

Cuadro 16. Continuación

Perfil	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	Clasificación textural	PH ES	CO ₃ ⁻ (cmol kg ⁻¹)	HCO ₃ ⁻ (cmol kg ⁻¹)	Cl ⁻	CE (dS m ⁻¹)
1A	5.40	8.28	86.32	Arena migajonoso	7.67	Nd	0.574	0.340	0.562
1Bt	21.96	3.96	74.08	Migajón arcillo-arenoso	7.65	0.096	0.212	0.212	0.592

1C	4.32	6.48	89.20	Arenoso	7.86	0.097	0.642	0.311	0.551
2A	5.40	8.28	86.32	Arena migajonoso	7.67	Nd	0.574	0.340	0.562
2Bt	21.96	3.96	74.08	Migajón arcillo-arenoso	7.65	0.096	0.212	0.212	0.592
2C	4.32	6.48	89.20	Arenoso	7.86	0.097	0.642	0.311	0.551
4A	11.52	10.08	78.40	Migajón arenoso	8.08	0.094	0.941	0.207	0.620
4Bt	25.92	3.96	70.12	Migajón arcillo-arenoso	7.91	0.101	0.549	0.325	0.540
4C	23.04	6.84	70.12	Migajón arcillo-arenoso	7.48	0.090	0.290	0.290	0.583
5A	11.88	19.08	69.04	Migajón arenoso	8.05	0.074	0.494	0.239	0.527
6A	5.76	15.84	78.40	Arena migajonoso	8.07	0.061	0.197	0.061	0.410
6C	12.96	9.36	77.68	Arena migajonoso	8.23	0.056	0.247	0.247	1.247
7A ₁	9.00	6.84	84.16	Arena migajonoso	7.91	0.087	0.474	0.193	0.487
7A ₂	8.64	9.72	81.64	Arena migajonoso	8.00	0.073	0.395	0.395	0.620
7C	4.32	8.28	87.40	Arenoso	7.79	0.086	0.382	0.278	0.609
8A	11.52	7.92	80.56	Migajón arenoso	7.69	Nd	0.330	0.240	0.530
9A	11.52	7.92	80.56	Migajón arenoso	7.69	Nd	0.330	0.240	0.530
10A	5.04	6.48	88.48	Arenoso	7.67	Nd	0.266	0.133	ND
11A	5.76	7.20	87.04	Arenoso	7.98	0.063	0.278	0.278	1.030
11C	10.08	6.12	83.80	Arena migajonoso	7.97	0.068	0.453	0.219	0.567
12A ₁	9.36	14.40	76.24	Migajón arenoso	7.93	0.085	0.752	0.376	0.543
12A ₂	12.24	9.72	78.04	Migajón arenoso	8.04	0.077	0.513	0.248	0.427
12C	10.80	2.52	86.68	Arena migajonoso	7.76	0.100	0.544	0.221	0.333
13A	3.60	4.32	92.08	Arenoso	8.04	0.080	0.709	0.177	0.507
14A	4.68	6.12	89.20	Arenoso	8.12	0.091	0.603	0.201	0.498
14C	9.36	6.12	84.52	Arena migajonoso	7.91	0.079	0.604	0.175	0.410
15A	3.24	10.44	86.32	Arenoso	8.24	0.096	0.736	0.213	0.865

7.3 Factores limitantes de la productividad.

En el cuadro 3 se muestran los suelos encontrados en el Valle del Mezquital, los horizontes de diagnóstico identificados y los factores limitantes de la productividad para

cada caso; de este modo, se tiene que las Rendzinas están limitadas básicamente por la pedregosidad, profundidad y pendiente mientras que los Phaeozems calcáricos y Chernozems lúvicos, se encuentran limitados en su productividad por la pedregosidad erosión, pendiente y sequía. Los Litosoles se ven limitados, además de las cuatro anteriores, por la profundidad.

Cuadro 17. Factores limitantes de la productividad.

Localidad	Perfil	FAO	Tipo de suelo WRB	Soil Taxonomy	Horizontes de diagnóstico	Factores limitantes de la productividad
Apasco	ABtCR	Chernozem Lúvico	Chernozem lúvico	Calcistoll	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón mólico (ST) o chérmico (WRB) ▪ Endopedón argílico (ST) o árgico (WRB) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 30% (superf) ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 14% ▪ Sequía
Cerro Santa Mónica	ABtCR	Chernozem Lúvico	Chernozem lúvico	Calcistoll	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón mólico (ST) o chérmico (WRB) ▪ Endopedón argílico (ST) o árgico (WRB) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 50% (HA) ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 11% ▪ Sequía
Xhita primero	ACR	Regosol calcárico	Regosol calcárico	Ustorthent	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón ócrico ▪ Endopedón cálcico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 30% (superf) ▪ Textura: arenosa ▪ Poco material mineral suelto ▪ Sequía
El Meghi	ABtCR	Chernozem Lúvico	Chernozem lúvico	Calcistoll	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón mólico (ST) o chérmico (WRB) ▪ Endopedón argílico (ST) o árgico (WRB) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 50% (superf) ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 21% ▪ Sequía
Camino Cerro Juárez	ACR	Litosol	Leptosol lítico	Xerofluent	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sin horizonte de diagnóstico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 80% (superf) ▪ Profundidad del suelo: 15cm ▪ Erosión: Moderada a fuerte ▪ Pendiente: 35% ▪ Sequía

Cuadro 17. Continuación

Usdejé	ACR	Phaeozem calcárico	Phaeozem calcárico	Rendoll	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón mólico ▪ Endopedón cálcico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 30% (superf) ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 25% ▪ Sequía
Cerro la Cantera	A ₁ A ₂ CR	Phaeozem calcárico	Phaeozem calcárico	Rendoll	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Epipedón mólico ▪ Endopedón cálcico 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 40% (superf) ▪ Erosión ▪ Pendiente: 30%

Cerro Bandera	AR	Litosol	Leptosol lítico	Ustorthent	▪ Eipedón ócrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sequía ▪ Pedregosidad: 60% (superf) ▪ Profundidad del suelo: 15cm ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 25% ▪ Sequía
Cerro la Cueva	ACR	Litosol	Leptosol lítico	Ustorthent	▪ Eipedón ócrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 60% (superf) ▪ Profundidad: 35cm ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 31% ▪ Sequía
Presa Golondrinas	ACR	Litosol	Leptosol lítico	Xerorthent	▪ Eipedón ócrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 65% (HA) ▪ Profundidad del suelo: 20cm ▪ Erosión: Moderada ▪ Pendiente: 20% ▪ Sequía
Cerro Portezuelo	ACR	Litosol	Leptosol lítico	Xerorthent	▪ Eipedón ócrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 80% (superf) ▪ Profundidad: 25cm ▪ Erosión: Moderada a severa ▪ Pendiente: 25% ▪ Sequía
Desviación Tixqui	OA ₁ A ₂ CR	Rendzina	Leptosol réndzico	Hapludoll	▪ Eipedón mólico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 15% (HA) ▪ Erosión: Hídrica imperceptible en un 90% de la superficie ▪ Pendiente: 35%
El Pinalito	AR	Rendzina	Leptosol réndzico	Calcustoll	▪ Eipedón mólico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 80% (superf.) ▪ Profundidad del suelo: 20cm ▪ Susceptibilidad a la erosión, según el grado de deforestación e intensidad del pastoreo. ▪ Pendiente: 12%
Cerro el Fraile	ACR	Rendzina	Leptosol réndzico	Rendoll	▪ Eipedón mólico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 70% (superf.) ▪ Profundidad del suelo: 45cm ▪ Erosión: Moderada tipo hídrica, en algunos puntos con surcos de 15cm de profundidad ▪ Pendiente: 21% ▪ Sequía
San Andrés Davoxdá	AR	Litosol	Leptosol lítico	Xerorthent	▪ Eipedón ócrico	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pedregosidad: 85% (superf.) ▪ Profundidad del suelo: 15cm ▪ Erosión: Hídrica moderada con surcos ocasionales de hasta 10 cm de profundidad ▪ Pendiente: 34% ▪ Sequía

HA = Horizonte A, superf = superficie

7.4 Suelos del Valle del Mezquital y uso actual.

En el mapa de uso actual del suelo (Figura 29) se observan los seis usos más representativos que se tienen en el Valle del Mezquital, así como el suelo dominante (Figura 30) y los asociados para cada una de las áreas, por lo que:

- 1) En las partes destinadas para agricultura de riego (rojo), domina en un 90% el Phaeozem, asociado con Vertisol y Regosol.
- 2) Dentro de la zona de agricultura de temporal (verde fuerte), el suelo dominante es Leptosol réndzico, seguido por Phaeozem y Vertisol en asociación con Chernozem.
- 3) En los sitios forestal-pecuario (naranja), se encuentra como unidad dominante al Leptosol réndzico y Chernozem asociados con Leptosol lítico.
- 4) Las áreas dedicadas a la actividad pecuaria limitada por la erosión severa (verde medio) presentan en aproximadamente el 60% de su superficie, Leptosol lítico y Leptosol calcárico, asociados con Regosol y Phaeozem.
- 5) En la superficie denominada como conservación de flora y fauna silvestres (verde claro), se tiene como suelo dominante (85%) Leptosol lítico y Leptosol éútrico, asociados con Phaeozem y Chernozem.
- 6) Finalmente en las áreas forestales (amarillo), se encuentran Leptosol lítico y Leptosol calcárico en un 70%, asociados con Phaeozem, Chernozem y en menor grado con Regosol.

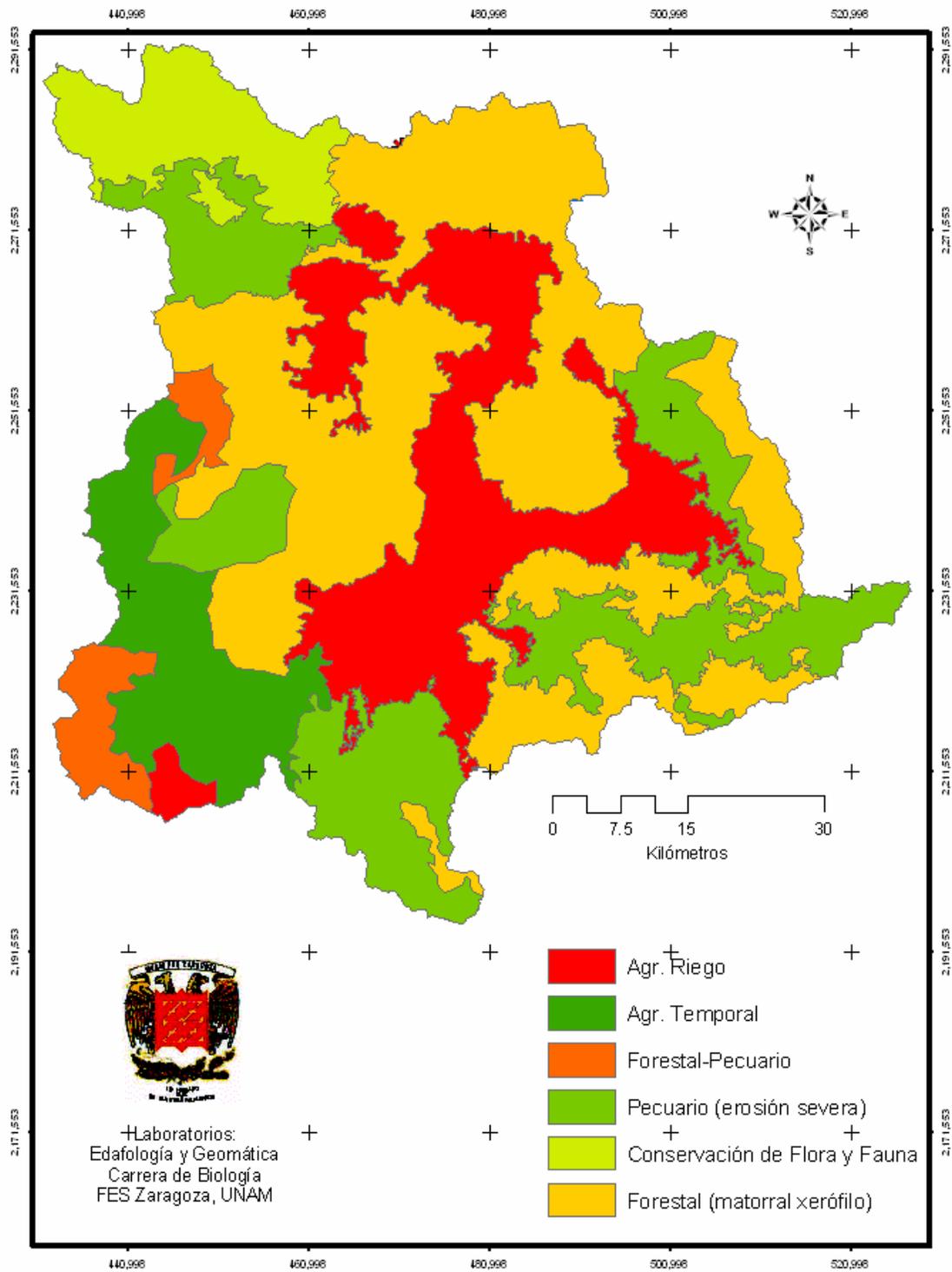


Figura 29. Uso actual de suelo del Valle del Mezquital, Hgo.

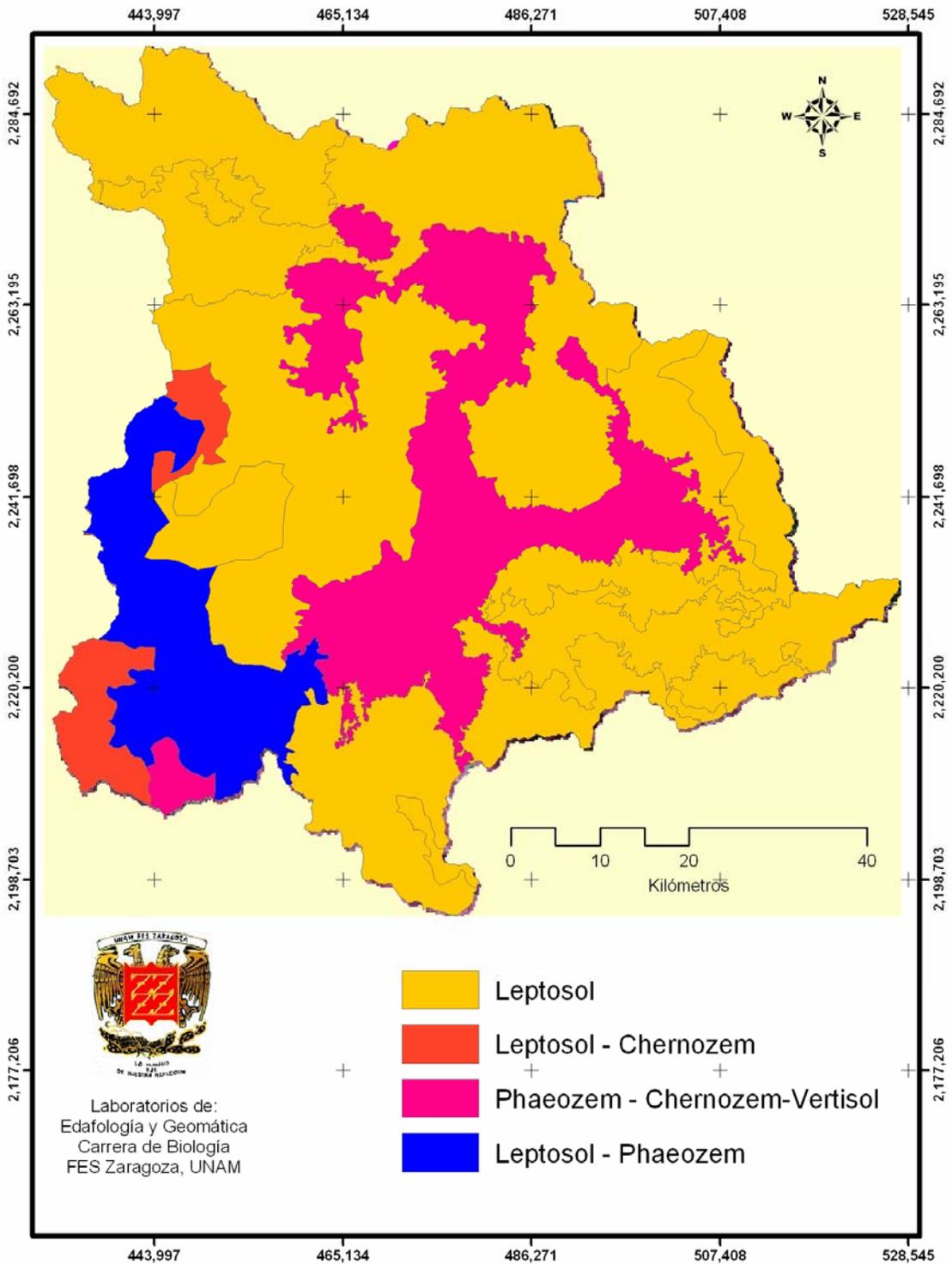


Figura 30. Suelos del Valle del Mezquital, Hgo.

Los suelos clasificados con base en la Soil Taxonomy fueron nombrados hasta gran grupo, tomando en cuenta ciertas características dependiendo del nivel taxonómico; así, se considera para:

- Orden: los procesos de formación del suelo, indicados por la presencia o ausencia de horizontes de diagnóstico.
- Suborden: homogeneidad en los procesos de formación, establecidos principalmente con base a la presencia o ausencia de regímenes de humedad.
- Gran grupo: se consideran regímenes de temperatura y de humedad del suelo, además de la presencia o ausencia de otras características de diagnóstico.

Por ejemplo, el perfil 1 ha sido clasificado como **Calciustoll**, de donde:

Oll es el elemento formativo del orden al cual pertenece y que en este caso, es un mollisol.

Ust es el prefijo del término “ustico”, el cual le da el nombre al suborden y refiere al régimen de humedad que se encuentra intermedio entre udico (suelo húmedo más de 90 días acumulativos en la mayoría de los años) y aridico o terrico (cuando el suelo está seco en toda la sección de control, se da en climas áridos y semiáridos).

Calci es el elemento formativo del gran grupo que nos hace referencia a que este perfil tiene un horizonte calcárico antes del metro de profundidad.

De forma similar, se realizó la clasificación con base en la WRB. Las denominaciones iniciales de suelo se basaban en términos tradicionalmente utilizados por los agricultores de los distintos países.

- ✓ Para los Grupos de suelos de introducción reciente, los nombres se forman mediante un *elemento formativo*, al que se le añade la terminación *sol*.
- ✓ Los criterios para diferenciar Unidades de suelos se han seleccionado de forma que estén íntimamente relacionados con los criterios de diagnóstico definidos al primer nivel y sean relevantes para los niveles inferiores de clasificación (los criterios de diagnóstico aplicados a nivel inferior derivan del grupo de referencia).

Por ejemplo, el perfil 5 fue clasificado como **Leptosol lítico**, del cual:

Elemento formativo del grupo: **Lepto** del griego *leptos* (suelo de poco espesor débilmente desarrollado) + terminación **sol** del latín *solum* (suelo).

Elemento formativo de la unidad: **lítico** que tiene roca dura continua entre 50 y 100 cm desde la superficie del suelo.

VIII. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

A continuación se presentan las propiedades físico-químicas encontradas en campo y analizadas en el laboratorio desde un punto de vista conservacionista y con fundamentos científicos, basados en la literatura citada; mientras que el análisis de los factores limitantes de la producción fueron discutidos a través de un enfoque socioeconómico, orientado hacia la comprensión del estado actual y el posible riesgo potencial que cada uno de estos factores representa en el caso de dedicar estas zonas a alguna actividad económica.

8.1 Propiedades físico-químicas

8.1.1 Profundidad

La profundidad efectiva del suelo es aquella en la que las raíces de la planta penetran fácilmente en busca de agua y elementos nutritivos; es decir, las capas de suelo más favorables para el crecimiento de las raíces y para el almacenamiento de humedad para las plantas.

Con base en la clasificación de Stallings (1979), ocho (57%) de los 15 suelos muestreados son someros, cuya profundidad no es mayor de 50 cm; de ellos, siete (perfiles 5, 8, 9, 10, 11, 13 y 15) son muy superficiales, con menos de 25.4 cm y uno (perfil 14) poco profundo, teniendo entre 25.4 y 50.8 cm. Estos quedan clasificados esencialmente como Leptosoles (WRB) y son limitados entre otros factores por su profundidad, lo cual los hace poco atractivos para cultivos de arado, con potencial limitado para producción de cultivos de árboles o extensos pastizales carecen de una diferenciación de horizontes genéticos.

El 43% de los suelos restantes son profundos, de los cuales cinco (perfiles 1, 2, 6, 7 y 12) son clasificados según Stallings (1979), como moderadamente profundos, ubicándose entre 50.8 a 91.4 cm y uno (perfil 4) es profundo, alcanzando 96 cm. Dichos suelos presentan un mayor contenido de arcilla, cuyos colores tienden a ser oscuros en la superficie; es el caso de los perfiles 1, 2 y 4, en los que se presenta una mayor diferenciación de horizontes y los procesos de traslocación han conducido a la formación de un horizonte B argílico (Bt) subsuperficial. Estos fueron clasificados como Molisoles (ST), en virtud de tener un epipedón mólico de color oscuro, con contenidos de materia orgánica. Por naturaleza, un Molisol se caracteriza por ser arcilloso, rico en materia orgánica y de pH neutro o cerca de la neutralidad, características edáficas que favorecen la productividad primaria; la mayoría de los Molisoles secos se usan para sembrar granos de tierras secas y dan buena producción bajo riego; aunque están íntimamente ligados a suelos fértiles, pocos pueden producir óptimamente sin adición de algunos fertilizantes (Donahue *et al.*, 1981); sin embargo, por poseer alta pedregosidad y pendientes pronunciadas no son recomendados para un uso agrícola, por el contrario, se considera conveniente dedicarlos a la conservación de la flora y fauna silvestre de la zona.

8.1.2 Pedregosidad

De acuerdo con los datos registrados durante la descripción morfológica *in situ*, todos tienen 10% o más de pedregosidad y en general, los porcentajes son superiores o iguales a 20. Esta propiedad promueve la infiltración del agua y reduce la evaporación de la misma, conservando la humedad y prolongando el periodo húmedo en el sistema radical de las plantas, favoreciendo a estas en el incremento de la productividad

primaria y en el cumplimiento de su ciclo de vida en un clima árido como el que se presenta en la zona. Sin embargo, también contribuye a evitar la erosión por efecto de las lluvias torrenciales, características de estos climas, proceso que se acelera además, por la alta pendiente de los sitios de estudio, en virtud de estar localizados en las áreas de vegetación natural de los lomeríos y cerros de la zona.

Se tienen suelos esencialmente desarrollados a partir de dos tipos de material geológico 1) rocas sedimentarias calizas y 2) rocas ígneas, principalmente de tipo basalto o una combinación de ambas; en los dos casos existen aportaciones de Ca y Mg durante los procesos de intemperismo; la liberación de estos cationes conduce a la floculación de los coloides orgánicos y minerales del suelo, dando paso a la formación de una estructura favorable. En los suelos más desarrollados, la formación de dicha estructura tiene lugar, y produce la disminución del valor de la densidad aparente. Por otro lado, en suelos derivados de materiales calizos se reducen los valores de densidad aparente, ya que estos materiales por naturaleza son de baja densidad. Como es sabido, la presencia de estos dos cationes divalentes (Ca y Mg) estabilizan la materia orgánica humificada en los suelos, de manera que año con año alguna cantidad de humus se incorpora al suelo, enriqueciéndose cada vez más, pese a que los aportes de materia orgánica fresca no sean tan abundantes; esta materia orgánica humificada contribuye también a la reducción de la densidad del suelo, tanto aparente como real.

8.1.3 Porosidad

La porosidad que presentan estos suelos favorece el drenaje y la permeabilidad, lo cual incrementa la pérdida del agua por percolación, sin embargo favorece una proporción suelo-aire apropiada para la respiración de las raíces y absorción de agua. A pesar de

que la retención de humedad de estos suelos es alta, esta se pierde fácilmente por evaporación, dadas las altas temperaturas en la zona. La retención de humedad se ve justificada por los contenidos de materia orgánica, la cual puede retener hasta tres veces su peso en agua, por la porosidad de los materiales calizos, la adecuada estructura que presentan algunos suelos y desde luego por la textura.

8.1.4 Materia Orgánica

La mayoría de los suelos con vegetación natural tienen contenidos de materia orgánica en todo su espesor de 1% o más, alcanzando porcentajes de 10.87. 18.5% de ellos se clasifican como muy bajos (perfiles 4C, 5A, 7C, 8A y 9A), 37% como bajos (perfiles 1Bt, 2Bt, 4Bt, 6C, 7A₂, 11A y C, 12A₁, A₂ y C), 26% son medios (perfiles 4A, 6A, 7A₁, 10A, 13A, 14A y C) y el 18.5% (perfiles 1A y C, 2A y C y 15A) son suelos altos en materia orgánica según Fassbender y Bornemisza (1987). Lo anterior se debe a que en estos ecosistemas se pierde el follaje de los árboles y arbustos en el 90% o más y las herbáceas mueren casi todas; en ambos casos, una gran parte del sistema radical también se pierde y desde luego todos estos restos vegetales inician su proceso de descomposición y tarde o temprano se incorporan al suelo, bien sea a través de la mineralización o de la humificación.

8.1.5 pH

En los suelos estudiados, se encontraron pH cercanos a la neutralidad o ligeramente alcalinos, dominando aquellos que tuvieron un valor cuantitativo de 7 a 7.85 en agua; este pH es característico de las zonas semiáridas dado el alto porcentaje de saturación por bases del complejo de cambio. También la materia orgánica juega un papel muy

importante para la estabilización de la acidez del suelo, ya que actúa como un amortiguador (Fassbender y Bornemisza, 1987), logrando con ello que el pH se sitúe cerca de la neutralidad. En la zona, por su origen marino, están bien representadas las bases de intercambio Ca, Mg, Na y K, mismas que contribuyen en la salinización en las partes bajas y de dichos pH en las zonas altas; sin embargo, en los sitios muestreados no la causan o tienen efectos despreciables de esta (Miramontes, 1978) debido a que el drenaje es superficial e interno y se promueve su lavado dando como resultado conductividades eléctricas menores a 1 dS m^{-1} .

8.1.6 Capacidad de Intercambio Catiónico

La CIC oscila entre 7 y 26 cmol kg^{-1} y según la NOM-021-RECNAT-2000, es baja (entre $5 \text{ y } 15 \text{ cmol kg}^{-1}$) en los perfiles 5A, 10A, $12A_2$ y 12C, en la mayoría de los casos es media, entre $15 \text{ y } 25 \text{ cmol kg}^{-1}$ (perfiles 1A, Bt y C, 2A, Bt y C, 4A y C, 6A y C, $7A_1$ y A_2 , 8A, 9A, 11A y C, $12A_1$, 13A y 14C) y se considera alta con valores no superiores a 34 cmol kg^{-1} , en los perfiles 4Bt, 7C, 14A y 15A; es decir, que los suelos presentan alta capacidad de absorción de cationes y almacenamiento en el complejo de cambio para liberarlos lentamente según las necesidades de la planta o su pérdida de la solución del suelo por procesos de percolación o lixiviación.

Estos valores de CIC se explican por los contenidos de materia orgánica y de arcilla presentes en estos suelos, donde según Fassbender y Bornemisza (1987), la intervención de la materia orgánica, la cual tiene una CIC que varía de 1.5 a 3.5 cmol kg^{-1} , es muy valiosa para los suelos con textura arenosa y para los mas antiguos que contienen arcilla. La materia orgánica humificada en los suelos estudiados juega un papel preponderante, ya que es posible que sea materia orgánica muy polimerizada,

dadas las condiciones de alto contenido de calcio, magnesio y pH que favorecen la formación del humus mull, el mejor que se presenta en la naturaleza debido a que alcanza la mayor CIC y se distingue por la rápida mineralización de la hojarasca y la polimerización media de los compuestos húmicos (Duchaufour, 1975).

8.1.7 Textura

En los perfiles 1, 2 y 4 clasificados como Chernozem lúvicos (FAO y WRB), se determino la mayor cantidad de arcillas (de 21.96 a 25.92%). Esta condición los hace más fértiles y capaces de soportar una mayor productividad. Este es el tipo de suelos donde encontramos la vegetación más desarrollada, generalmente nopales arborescentes, huizaches y mezquites con tallas que pueden alcanzar hasta los 3 metros dependiendo de la especie.

Una vegetación similar se encontró en el perfil 7 (Cerro la Cantera), donde si bien la textura es arena migajonosa hasta los primeros 60 cm, es la profundidad del suelo la que compensa a esta, pues el suelo es profundo (entre los 70 cm) lo cual le confiere la capacidad de almacenar agua y nutrimentos para el abasto de esta vegetación.

Un caso generalizado en los Leptosoles líticos (WRB) (perfiles 5, 8, 9, 10, 11, y 15) es su textura de migajón arenosa a arenosa, con contenidos de arcilla inferiores al 12%. Estos suelos tienen baja fertilidad y como consecuencia la productividad primaria es menor; esto es claro, pues la vegetación que soportan son matorrales bajos, de menos de 2 metros de altura.

Los Leptosoles réndzicos (perfil 12, 13 y 14) desarrollan una cobertura vegetal intermedia a las condiciones antes descritas Esta vegetación presenta árboles de talla baja como pino piñonero, encino y enebro, presentes sobre todo en los perfiles 12 y 13,

debido al mejor desarrollo del suelo, que en el perfil 13 tiene lugar entre las grietas de las rocas calizas, en donde este tipo de vegetación encuentra condiciones de humedad, profundidad y fertilidad para su desarrollo.

8.2 Factores limitantes de la productividad

Cabe destacar que los factores limitantes de la productividad que se presentan en el cuadro 17, son aquellos que reducen el potencial productivo de la zona. Cuando se trata de un agroecosistema, estos factores operan con mayor intensidad, poniendo en riesgo de degradación al conjunto de recursos, el cual se enfatiza por el cambio de uso de suelo de silvestre a agrícola, razón por la cual se recomienda sean dedicados a la conservación de flora y fauna silvestre, excluyendo el pastoreo de estas áreas o bien que este se realice respetando los índices de agostadero. De la misma forma, la extracción de recursos forestales debe realizarse dentro de los límites de resiliencia de los ecosistemas.

8.2.1 Pedregosidad

La pedregosidad que se presenta en las zonas resulta de suma importancia en cuanto a la ventaja que confiere en condiciones naturales debido a que ayuda en gran medida a evitar la pérdida de agua del suelo; mientras que, como se puede observar en la descripción de las zonas donde se realizaron cada uno de los perfiles, la mayoría de los sitios de muestreo se encuentra en lugares de pronunciada pendiente, lo cual resultaría poco conveniente si se desea tener un sitio para la agricultura, pero no así para la vegetación original de la zona.

8.2.2 Profundidad

En varios sitios de muestreo clasificados como Leptosoles (WRB), la profundidad del suelo es un factor limitante de la productividad natural, aún para la vegetación original, pues no permite una reserva suficiente de agua para sostener una mayor biomasa. Así mismo, el sistema radical no puede tener un desarrollo apropiado para soportar la cobertura vegetal de los individuos y su escaso espesor limita también la capacidad para almacenar una cantidad de nutrimentos apropiada y obtener como resultado un mayor crecimiento.

Esta misma profundidad hace que el suelo, frente a una lluvia abundante, se sature rápidamente y el agua excedente drene superficialmente, ocasionando erosión y lixiviación de nutrimentos, disminuyendo así su fertilidad, que a su vez redundaría en una menor productividad primaria de la vegetación. Los Leptosoles no son propios para la agricultura y siempre tienen fuertes limitantes para las actividades ganaderas, pero en ocasiones son utilizados por cultivos arbóreos como cítricos y cafetos, quizá lo más conveniente sea la reforestación o la preservación de la cubierta vegetal natural ya existente (León, 1991). En la zona de estudio, definitivamente deben ser destinados a la conservación de la flora y fauna silvestres dada la escasa productividad primaria para la actividad pecuaria, misma que provoca más pérdidas que beneficios desde el punto de vista ecológico.

8.2.3 Pendiente

La pendiente tiene particular importancia para la productividad debido a su influencia en la velocidad con que el agua corre por encima de un campo y la cantidad de suelo que esta arrastra (Foster, 1967). Afecta también el empleo de maquinaria agrícola, por lo

que puede observarse a través de las figuras de uso del suelo (29), pendientes del Valle (31) y geoformas (32) que en las zonas destinadas para la agricultura, las pendientes son casi en su totalidad del 0% es decir, son planicies aptas para este tipo de actividad. En los sitios muestreados se registraron pendientes desde 5% (Presa Golondrinas) hasta 35% de inclinación (Camino a Cerro Juárez y San Andrés Davoxda); esto repercute en la vulnerabilidad del suelo al ser degradado por erosión, la cual va de moderada a severa.

En el noroeste, sureste y parte del centro del Valle se tienen las pendientes mas pronunciadas (hasta 70%) debido a que se pueden encontrar algunos cañones con corrientes profundas, parte alta de montaña, cordilleras y pequeños valles en forma de U (Figura 32).

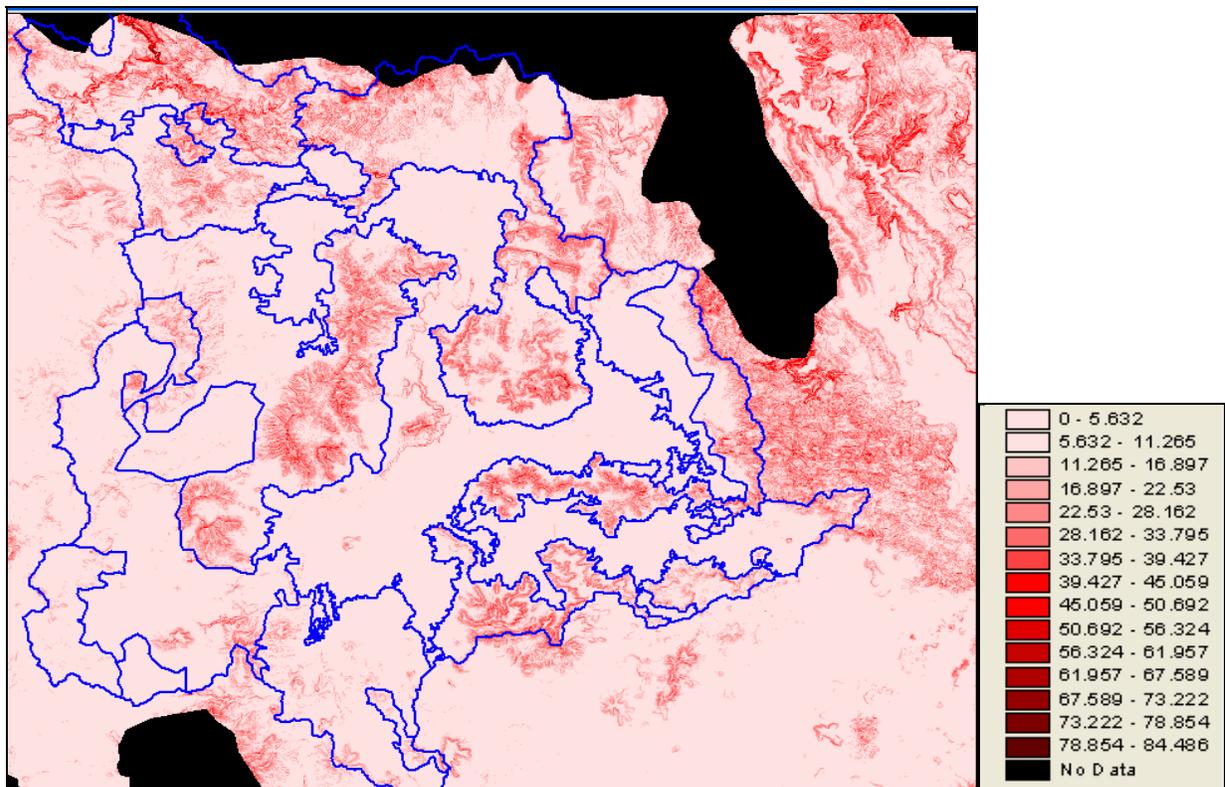


Figura 31. Pendientes del Valle del Mezquital.

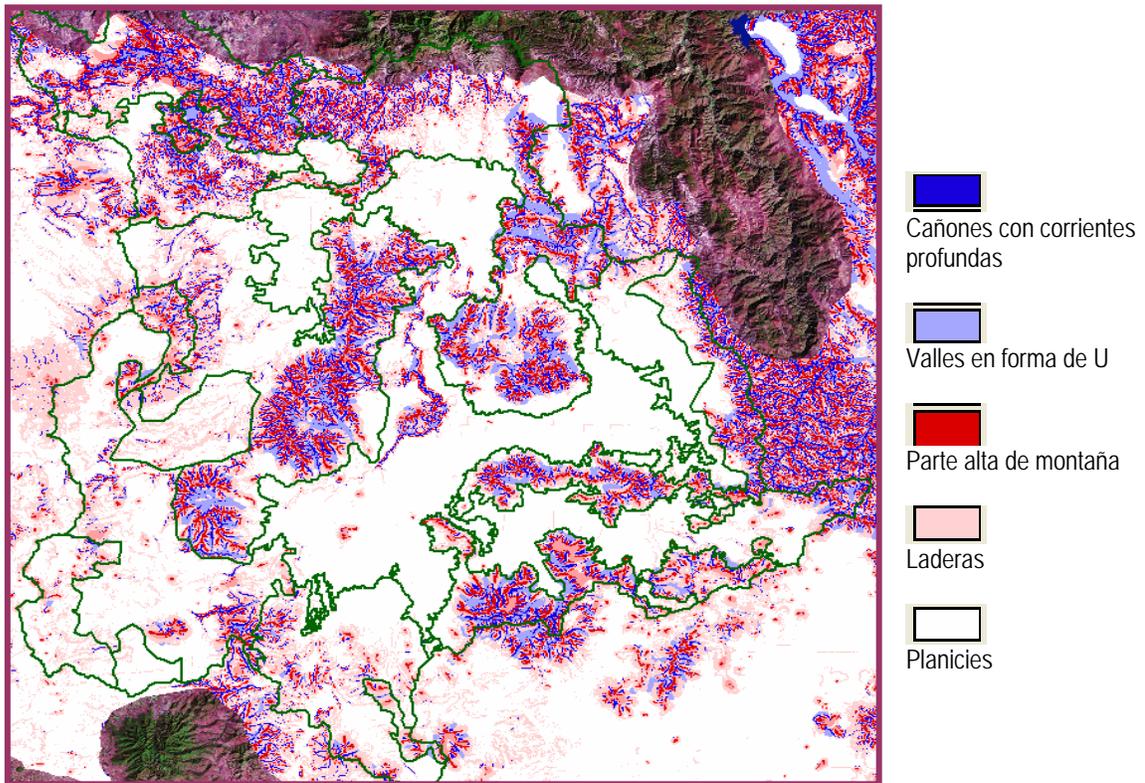


Figura 32. Geoformas del Valle del Mezquital.

8.2.4 Sequía

Por otra parte, la sequía es un factor limitante muy importante para cualquier tipo de plantas, ya sean silvestres o cultivadas, lo cual puede corroborarse con el tipo de vegetación encontrada en los sitios, misma que esta principalmente representada por Matorrales y especies suculentas que tienden a retener agua en sus tejidos como respuesta a la ausencia prolongada de agua.

8.3 Suelos del Valle del Mezquital y uso actual

Una parte importante en extensión, la ocupa la zona de uso forestal de matorral xerófilo, en donde se pueden encontrar sitios bien conservados debido al difícil acceso, hasta zonas en las que este matorral es bastante abierto; aquí se presentan principalmente los Leptosoles, suelos muy someros sobre roca dura o material calcáreo lo cual los hace poco atractivos para cultivos de arado. La principal amenaza para este tipo de suelos es la erosión hídrica y eólica ya que son muy superficiales y están desprovistos de una cubierta vegetal, condición que día a día conduce a un mayor deterioro del conjunto de recursos de estos ecosistemas en el sitio.

Por lo menos una cuarta parte del Valle del Mezquital tiene como uso actual la agricultura de riego. El avance de esta frontera agrícola ha conducido a un cambio de uso en extensas áreas originalmente ocupadas por matorral xerófilo, afectando la biodiversidad natural del sitio. El uso del suelo en el valle del Mezquital está determinado entre otros factores por la pendiente que presenta este recurso natural, además de la presión ejercida actualmente por parte del ser humano, la cual es tan alta que prácticamente no hay superficies con pendientes inferiores a 6% en las que se conserve un uso forestal. Los suelos predominantes son Phaeozems, los cuales son profundos, ricos en materia orgánica, textura migajón-arenosa, con saturación de bases del 50% o más, superficies de tierras planas a onduladas, lo cual los hace muy fértiles.

Entre las zonas de agricultura de riego y matorrales, se encuentran bastas zonas de uso forestal pero limitado por la erosión severa ocasionado por el intenso sobrepastoreo y extracción de recursos forestales que desproveen la vegetación y propician con ello el desgaste paulatino del recurso suelo. En general las poblaciones humanas tienden a utilizar la mayor extensión posible de terreno para su uso personal,

lo cual no está regulado y se presenta un constante deterioro del entorno inmediato. En el caso particular del Valle del Mezquital se trata de terrenos con pendientes intermedias, generalmente localizados en las estribaciones de los cerriles que representan sitios receptores de los escurrimientos de partes altas; condición que los hace vulnerables a la erosión como hoy se observa a través de las fotografías de satélite. Los grupos de suelo predominantes son Leptosol y Regosol.

El área destinada para agricultura de temporal cuenta con varios cuerpos de agua, lo cual hace posible llevar a cabo agricultura mecanizada con diferentes grados de limitación para el laboreo y el establecimiento de obras para riego. Lo anterior es debido al grado de las pendientes y de la pedregosidad superficial existente. El tipo de suelo predominante es Leptosol réndzico, seguido por Phaeozem y Vertisol, asociados a Chernozem.

En el área propuesta como conservación de flora y fauna silvestre, sobresale en primer término por su belleza escénica. Además, en este sitio se conjunta un tipo de vegetación poco perturbado de matorral crasicale de órgano (*Stenocereus dumortieri*) y garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*). La causa principal de que este sitio se encuentre conservado es el relieve accidentado que se presenta, lo cual puede observarse en la figura 32, ya que se tienen principalmente cañones asociados a las pendientes más pronunciadas del Valle. Dicha condición no permite el fácil acceso y menos aún el desarrollo de alguna actividad agropecuaria, por lo que aún se puede encontrar la flora y fauna nativas de la zona.

La zona de bosque es la menos representada, debido esencialmente a las condiciones climáticas del valle del Mezquital; sin embargo, esta se ha visto reducida también a consecuencia del uso que se le ha dado para la obtención de recursos

forestales. En estas áreas también se desarrollan actividades de sobrepastoreo a base de ganado vacuno, caprino y ovino. Es precisamente en estos sitios donde se presentan las mayores altitudes de todo el Valle, las cuales van de 2600 a 2750 msnm aproximadamente. La principal unidad de suelo es el Leptosol réndzico, el cual, en su mayoría se encuentra en tierras altas o de mediana altitud y se mantienen mejor bajo bosques.

La región del Valle del Mezquital ha sido desprovista de su vegetación natural debido al incremento desmesurado de la extracción de recursos y el sobrepastoreo; dichas acciones han repercutido de tal manera que actualmente puede observarse el afloramiento de material geológico en estos sitios de alta degradación. Un ejemplo muy claro de esta problemática se encuentra en los perfiles 5 de Cerro Juárez y 8 de Cerro Bandera los cuales representan al subgrupo de Leptosoles menos desarrollados: los líticos y puede observarse en las figuras 12, 13 y 18 que existen zonas carentes de vegetación y como consecuencia de ello, una severa erosión en el suelo. En contraste con lo anterior, se encuentra el perfil 13 de el Pinalito el cual presenta un Leptosol réndzico, es decir de los mas desarrollados. Aún cuando la vegetación es similar al de Cerro Juárez, se observa claramente en la figura 25 que este sitio todavía no presenta una degradación de tal magnitud que haya pérdida del recurso suelo y este tome características de lítico.

Debido a todo lo anterior, se encontró una estrecha relación entre la vegetación y su grado de perturbación con el tipo de suelo presente en la zona de estudio. Así mismo, se sabe que el uso actual de suelo y el potencial productivo del Valle, se ven limitados por dichas condiciones, además del clima presente en el sitio.

IX. CONCLUSIONES

- El suelo dominante en el valle del Mezquital según la WRB es Leptosol, seguido por orden de importancia de Phaeozem, Vertisol, Chernozem y Regosol.
- Por orden de importancia, los factores limitantes de la producción en las áreas de vegetación silvestre son los siguientes: sequía, profundidad, pedregosidad, pendiente y erosión.
- Los seis principales usos actuales de suelo son: forestal de matorral xerófilo, agricultura de riego, pecuario limitado por erosión severa, agricultura de temporal, forestal-pecuario y conservación de flora y fauna silvestre.
- La zona propuesta como de Conservación de Flora y Fauna silvestres es la que presenta mayores condiciones de conservación
- Áreas con pendientes menores al 5%, están destinadas a la actividad agrícola bajo riego; el resto son áreas con vegetación silvestre, regularmente dedicadas al pastoreo y a la explotación forestal.
- Las causas principales de perturbación y degradación de los sitios son la deforestación y el pastoreo.

X. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un estudio de evaluación de la capacidad de uso del suelo, orientado a localizar áreas de superficie con potencial agrícola o ganadero, pero sobre todo a preservar aquellas en las que estas actividades económicas no sean posibles por alterar el entorno ecológico.
- La decisión del cambio de uso forestal por pecuario y/o agrícola debe estar basada en los riesgos de degradación del ecosistema y en la relación beneficio-costos del uso actual y del que se pretende.

XI. LITERATURA CITADA

Anónimo J.R. 2000. Enciclopedia de México. Tomo VII. Compañía Editora de Enciclopedias de México, S.A. de C.V. México.

Bautista F.D. Palma-López & W. Huchin-Malta. 2005. Actualización de la clasificación de los suelos del estado de Yucatán 105-122. *In*: F. Bautista y G. Palacio (Eds.). Caracterización y manejo de los suelos de la Península de Yucatán: Implicaciones Agropecuarias, Forestales y Ambientales. Universidad Autónoma de Campeche, Universidad Autónoma de Yucatán, Instituto Nacional de Ecología.

Baver L.D., Goldner W.H. y Gardner W.R. 1980. Física de suelos. Ed. UTEHA. México.

Bennett H.H. 1965. Elementos de conservación del suelo. Fondo de Cultura Económica. México.

Bridges E.M., Batjes N.H. y Nachtegaele F.O. (Eds.). 1998. World Reference Base for Soil Resources. ACCO. Leuven/Amersfoort.

Buol S.W., Mc Cracken R.J. 1990. Génesis y clasificación de suelos. Segunda edición. Ed. Trillas. México.

Cerda R.N. 1975. Levantamiento fisiográfico del área de influencia del Plan Zacapoaxtla. Tesis profesional Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

Cline M.G. 1949. Basic principles of soil classification. Soil Sci.

Cuanalo de la C. H.E. 1981. Manual para la descripción de perfiles de suelo en el campo. Segunda edición. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Deckers J.A., Nachtergaele F.O. y Spaargaren O.C. 1998. World Reference Base for Soil Resources. Acco. Leuven/Amersfoort.

Donahue R.L., Miller R.W. y Shickluna J.C. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana.

Driessen P.M. y Dudal R. 1991. The major soils of the World. Lecture notes on their geography, formation, properties and use. Agr. Univ. Wageningen.

Duchaufour P. 1975. Manual de edafología. Ed. Toray-Masson, S.A. Barcelona, España.

Dudal, R. 1990. An International Reference Base for Soil Classification (IRB). In Trans. 14th Int. Congress Soil Science Kyoto.

Estrada B.J. 1981. Manual simplificado para clasificación de suelos. Taxonomía de suelos o Sistema americano. Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de suelos. Chapingo, México.

FAO. 1988. Directives: evaluation des terres pour l'agriculture pluviale. Bull. Pédologique 52. FAO. Rome.

FAO. 1998. World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports. FAO, Rome. N. 84.

FAO-UNESCO. 1974. Soil map of the world 1:5 000 000. Volume I, Legend. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, France.

FAO-ISRIC-SICS. 1999. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Informes sobre recursos mundiales de suelos. N. 84. FAO. Roma.

Fassbender H.W. y Bornemisza E. 1987. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. Servicio editorial IICA. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José de Costa Rica.

Foster A.B. 1967. Métodos aprobados en conservación de suelos. Editorial Trillas. México.

Foth H.D. y Turk L.M. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Compañía Editorial Continental. México.

García A.E. 1973. Modificación al sistema de clasificación climática de Köppen. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México

Gavande S.A. 1979. Física de suelos, principios y aplicaciones. Ed. Limusa. México.

Gong Z. 1994. Chinese soil taxonomic classification. (Primer propuesta). Institute of Soil Science, Academia Sinica, Nanjing, China.

INEGI. 1981. Atlas Nacional del Medio Físico. Carta edafológica. Escala 1:1 000 000. México.

INEGI. 1982. Carta Geológica. Hoja Pachuca. Escala 1:250 000.

INEGI. 1990. Guías Para la interpretación cartográfica. Edafología. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México.

INEGI. 1992. Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo. México.

INEGI. 2004. Hidalgo Hoy. Gobierno del Estado de Hidalgo. México.

Jackson M.L. 1982. Análisis químico se suelos. Ed. Omega. Barcelona, España.

Kellog C.E. 1963. Why a new system of soil classification. Soil Sci.

Kellog C.E. 1967. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Mic. Publ. 274.

León A.R. 1972. El levantamiento fisiográfico como una alternativa para hacer recomendaciones regionales del uso de la tierra. Tesis profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México.

León A.R. 1991. Nueva edafología. Regiones tropicales y áreas templadas de México. Segunda edición. Ed. Fontamara. México.

López G.R. 1974. Métodos para análisis físicos y químicos en los suelos agrícolas. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Instituto de Investigación de Zonas Desérticas. S.L.P. México.

Miramontes R. 1978. Manual de laboratorio. SARH. Subdirección de Agrología. México.

Miranda F. y Hernández X.E. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. Boletín de la sociedad botánica. México.

Munsell, Soil color chart. 1990. Munsell color Macbeth Division of Kollmorgen Instruments Corporation, Baltimore, Maryland. U.S.A.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos. Estudios, muestreo y análisis.

Ortiz-Solorio C.A. y Cuanalo de la C. H.E. 1977. Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo, para la cartografía de tierras erosionadas. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Ortiz-Solorio C.A. y Cuanalo de la C. H.E. 1981. Introducción a los levantamientos de suelos. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. SARH. Chapingo, México.

Ortiz-Solorio C.A. y Cuanalo de la C. H.E. 1984. Metodología del levantamiento fisiográfico. Un sistema de clasificación de tierras. Segunda edición. Centro de Edafología. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.

Parr J.F., Papendick R.I., Youngberg I.G. y Meyer R.E. 1990. Sustainable Agriculture in the Unites States. In: Edwards C. A. et al (eds), Sustainable Agricultural Systems, Soil & Water Conservation Society- St. Lucie Press. USA.

Porta J., López-Acevedo M. y Roquero C. 1999. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. Segunda edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

Rzedowski J. 1994. Sexta reimpresión. Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 432 pp.

Shishov L.L., Rozhkov V.A. y Stolbovoy V.S. 1986. Reference base of soil classification. Soviet Soil Science. 18: (1)

Simonson R.W. 1982. Soil classification. En V. J. Kilmer (ed.) Handbook of Soils and Climate in Agricultura.

Spaargaren O.C. 2000. Other systems of soil classification. En M. Summer (ed.) Handbook of Soil Science. CRC Press.

Stallings J.H. 1979. El suelo. Su uso y mejoramiento. Compañía Editorial Continental, S.A. México.

Valencia C.E. y Hernández A. 2002. Muestreo de suelos. Preparación de muestras y guía de campo. UNAM, FES Cuautitlán.

Velasco-Molina H.A. 1991. Las zonas áridas y semiáridas. Sus características y manejo. Ed. Limusa. México.

www.cdi.gob.mx/ini/monografias/otomiesvm.html. 22 de Enero de 2007. 16:34 hrs.

ANEXO

Descripción de los suelos encontrados en este estudio

FAO-UNESCO:

El sistema FAO-UNESCO cuenta con dos niveles de clasificación: grupos y unidades de suelos. A continuación se describen los grupos encontrados en esta investigación, seguidos de su respectiva unidad.

● Chernozems

Del ruso *cherno* (negro) y *zemljá* (tierra): tierra negra.

En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal con algunas áreas de matorral. Se caracterizan por tener una capa superior de color gris o negra, rica en materia orgánica y nutrientes, acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.

- Lúvicos: (Del latín *lumi, luo*: lavar). Se caracterizan por tener acumulación de arcilla en el subsuelo. Es muy susceptible a la erosión.

● Litosoles

Del griego *lithos* (piedra): suelo de piedra.

Son suelos que se encuentran en todos los climas y con muy diversos tipos de vegetación. Se caracterizan por tener una profundidad menor de 10 cm hasta la roca.

- No tienen subunidades.

● Phaeozems

Del griego *phaeo* (pardo) y del ruso *zemljá* (tierra): tierra parda.

Son suelos que se encuentran en varias condiciones climáticas, desde zonas semiáridas hasta templadas o tropicales muy lluviosas, así como en diversos tipos de terrenos, desde planos hasta montañosos.

Su característica principal es una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes, semejante a las capas superficiales de los Chernozems, pero sin presentar las capas ricas en cal con que cuentan esos suelos.

- Calcáricos: (Del latín *calcareum*: calcáreo). Se caracterizan por tener cal en todos sus horizontes. Son los más fértiles y productivos en la agricultura o la ganadería, cuando son profundos y planos. Su susceptibilidad a la erosión es variable en función del tipo de terreno.

• Regosoles

Del griego *rhegos* (manto, cobija). Denominación connotativa de la capa de material suelto que cubre a la roca.

Se caracterizan por no presentar capas distintas. En general son claros y se parecen bastante a la roca que los subyace, cuando no son profundos.

- Calcáricos: (Del latín *calcareum*: calcáreo). Son suelos ricos en cal. Son los más fértiles de los Regosoles.

• Rendzinas

Nombre polaco que se da a los suelos poco profundos y pegajosos que se presentan sobre rocas calizas.

Estos suelos se presentan en climas cálidos o templados con lluvias moderadas a abundantes. Su vegetación natural es de matorral, selva o bosque.

Se caracterizan por poseer una capa superficial abundante en humus y muy fértil, que descansa sobre roca caliza o algún material rico en cal. No son muy profundos, Son generalmente arcillosos.

- No tienen subunidades (INEGI, 1981).

Base de Referencia Mundial del Recurso Suelo (WRB):

Al igual que la FAO-UNESCO, la WRB tiene dos niveles de clasificación: grupos de referencia y unidades de suelo. En seguida, se describen los encontrados.

• Chernozems

Tienen un horizonte mólico con un cromas húmedo de 2 o menos si la textura es más fina que franco arenosa o menos de 3.5 si la textura es franco arenosa o más gruesa, ambos a una profundidad de por lo menos 20 cm o un horizonte mólico, el cual tiene estos cromas

directamente debajo de una capa arable. No tienen horizonte petrocálcico entre 25 y 100 cm desde la superficie del suelo. No tienen yeso secundario. No tienen granos de limo y arena sin revestir sobre las superficies de agregados estructurales. La unidad encontrada es:

- Lúvicos: Tiene un horizonte árgico el cual tiene una capacidad de intercambio catiónico igual o mayor de $24 \text{ Cmol (+) Kg}^{-1}$ de arcilla (en $1 \text{ M NH}_4 \text{ OAc}$ a pH 7.0) en todo su espesor y una saturación con bases de 50% o más a través de todo el horizonte hasta una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo.

• Leptosoles

Están limitados en profundidad por roca dura continua dentro de los 25 cm desde la superficie del suelo; o tiene un horizonte mólico con un espesor de entre 10 y 25 cm directamente por encima de un material con más del 40% de CaCO_3 equivalente o contiene menos del 10% (en peso) de fracción tierra fina desde la superficie del suelo hasta una profundidad de 75 cm y no tiene otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte mólico, ócrico, úmbrico o yérmico. Las unidades encontradas son:

- Líticos: Tiene dentro de los 10 cm desde la superficie del suelo, roca dura continua.
- Réndzicos: Tiene un horizonte mólico, el cual tiene un espesor de entre 10 y 25 cm y contiene o sobreyace inmediatamente a materiales de suelo calcáricos teniendo más del 40% de carbonato de calcio equivalente (Leptosoles solamente).

• Phaeozems

Tienen un horizonte mólico y una saturación de bases de 50% o más y no tienen carbonatos secundarios a una profundidad de 100 cm desde la superficie del suelo o hasta una capa contrastante (contacto lítico o paralítico o un horizonte Petrocálcico) entre 25 y 100 cm. No tienen otros horizontes de diagnóstico que no sean un horizonte álbico, árgico, cámbico, petrodúrico o vértico. La unidad encontrada es:

- Calcáricos: Calcáreo al menos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo.

• Regosoles

Otros suelos. La unidad encontrada es:

- Calcáricos: Calcáreo al menos entre 20 y 50 cm desde la superficie del suelo (FAO, 1999).

Soil Taxonomy:

El sistema de clasificación Soil taxonomy tiene seis categorías: orden, suborden, gran grupo, subgrupo, familia y serie. A continuación se presenta la descripción de los ordenes de los suelos encontrados en el Valle del Mezquital, Hgo., seguidos por los subordenes y estos a su vez, por los grandes grupos.

● Entisoles (Suelos recientemente formados).

De la palabra inglesa "Recent" (reciente) y del prefijo en latín *solum* (suelo).

Los suelos de este orden son tan jóvenes que muestran pequeños cambios en el material del que están formados. Pueden tener un piso de arado, ser de color gris o gris oscuro, o ser estratificados como los materiales depositados. Se encuentran en aluviones recientes de planicies inundables de ríos y abanicos aluviales, en recientes depósitos de cenizas volcánicas, piedras pómez y loes. Las características propias de los suelos son escasas en ellos y los horizontes presentan un perfil AC en la mayoría de los casos.

- Fluvents: Suelos francos y arcillosos, aluviales con perfil muy simple. El contenido de materia orgánica está en forma irregular a través de la profundidad. La estratificación es común en aluviones y suelos derivados de ellos.
- Xerofluvents: Régimen de humedad del suelo Xerico.
- Orthents: Son suelos recientes francos y arcillosos mejor drenados que los aquents, con un contenido de materia orgánica que decrece con la profundidad.
- Xerorthents: Régimen de humedad del suelo Xerico.
- Ustorthents: Régimen de humedad del suelo Ustico.

● Molisoles

El nombre de este orden es del latín *mollis* (bofo, suave).

Los suelos de este orden tienen un epipedón mólico que se ha desarrollado en forma natural bajo vegetación de pastizal. Los epipedones son generalmente neutros (pH 7); pueden o no tener un horizonte álbico, argílico, cálcico, petrocálcico, hístico, un duripán o cierta combinación de éstos. Requieren solamente el epipedón mólico y eso ocurre en un amplio rango de climas.

- Rendolls: (Modificación de Rendzina). No tienen horizonte argílico o cálcico. Su epipedón es menor a 50 cm de espesor y se encuentra sobre fragmentos gruesos de rocas y piedras calcáreas, tiene fuerte reacción al HCl y más de 40% de CaCO₃ equivalente.
- No se han reconocido grandes grupos hasta la fecha.

- ✿ Udolls: No están secos (tienen humedad) por más de 90 días acumulativos al año.
 - Hapludolls: Otros udolls.
- ✿ Ustolls: Están secos por más de 90 días acumulativos al año, pero no por más de 60 días consecutivos al año.
 - Calciustolls: Tienen un horizonte cálcico antes de un metro de profundidad o un horizonte petrocálcico entre los 150 cm a partir de la superficie (Estrada, 1981).