

00369  
4



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS  
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO

13680

LEVANTAMIENTO DE SUELOS A NIVEL GENERAL  
CON FIN DE DETERMINAR LA VOCACION NATURAL  
DE LA SUBCUENCA DEL RIO MAYORAZGO,  
ESTADO DE MEXICO

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
**MAESTRO EN CIENCIAS**  
**(EDAFOLOGIA)**  
**P R E S E N T A**  
**PATRICIA MIRELES LEZAMA**

DIRECTOR DE TESIS: DR. JOSE LOPEZ GARCIA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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

## AGRADECIMIENTOS

Deseo agradecer al Dr. José López García director del presente trabajo, por su asesoría y apoyo recibido durante los estudios de maestría y en la realización de este trabajo.

Mi reconocimiento y agradecimiento a los profesores e investigadores integrantes del jurado de tesis de grado, por sus valiosas sugerencias para la mejor presentación de esta tesis.

Presidente :	Dra. Norma Eugenia García Calderón
Primer Vocal:	Dr. Gilberto Hernández Silva
Segundo Vocal:	Dr. David Flores Román
Tercer Vocal:	Dr. José López García
Secretario:	Dra. Teresa Reyna Trujillo
Suplente:	M.en C. Jorge Lugo de la Fuente
Suplente:	Dra. Amada Laura Reyes Ortigoza

A mis compañeros y amigos de estudios por su apoyo: Sara Solís, Irán Bojorquez, Guillermo Herrera y Esther Anguiano

A mis compañeros y amigos de trabajo de la Facultad de Geografía de la Universidad Autónoma del Estado de México

Delfino Madrigal por la oportunidad para la realización de los estudios de maestría.

Ma. Eugenia Valdez por su colaboración en el diseño de la cartografía y en el desarrollo de este trabajo,

Luis Miguel Espinosa por sus valiosos comentarios en el desarrollo de esta tesis

Agradezco al Programa para el Mejoramiento del Profesorado (PROMEP) por la beca otorgada para la culminación del presente trabajo.

A todas aquellas personas que, de una u otra forma me brindaron su apoyo y su tiempo; deseo expresar mi más profundo agradecimiento.

DEDICO ESTÉ TRABAJO A MIS PADRES, HERMANOS Y A MI  
FAMILIA

## ÍNDICE

RESUMEN	1
1 INTRODUCCIÓN	2
1.1 Justificación	4
1.2 Objetivos	5
2 MARCO TEÓRICO	6
2.1 Conceptual	6
2.1.1 Concepto de suelo	6
2.1.2 Concepto de cuenca hidrográfica	7
2.1.3 Levantamiento de suelos	8
2.1.4 Etapas del levantamiento de suelos	11
2.1.5 Clasificación de suelos	13
2.1.5.1 Leyenda del mapa de suelos FAO-UNESCO.	14
2.1.5.2 Soil Taxonomy	16
2.1.6 Capacidad de uso de suelo	18
2.2 Banco de datos	22
2.2.1 Características de los datos espaciales o georreferenciados	23
2.3 Referencial	25
2.4 Descripción del área de estudio	29
2.4.1 Localización	29
2.4.2 Geología	30
2.4.3 Litología	31
2.4.4 Geomorfología	34
2.4.5 Hidrología	39
2.4.6 Suelos	40
2.4.7 Uso de suelo y vegetación	42
2.4.8 Clima	43
2.4.8.1 Análisis de la información climática	44
2.4.9 Aspectos socioeconómicos	48
3 METODOLOGÍA	53
3.1 Levantamiento de suelos	53
3.1.1 Especificaciones	53
3.1.2 Requisitos	54
3.1.3 Fase preparatoria	54
3.1.4 Fotointerpretación	55
3.1.5 Fase de campo	56
3.1.6 Fase de laboratorio	57
3.1.7 Fase de compilación del mapa	58
3.1.7.1 Clasificación taxonómica de los perfiles	58
3.1.7.2 Restitución cartográfica	58
3.1.7.3 Leyenda fisiográfica-edafológica definitiva	58
3.2 Levantamiento de cobertura del terreno y uso de suelo	59
3.3 Capacidad de uso del suelo	59
3.4 Banco de datos	59
4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS	61
4.1 Uso de suelo y vegetación	61
4.2 Leyenda fisiografía - edáfica	64
4.3 Clases de tierras	83
4.3.1 Análisis del mapa de clases de tierras	83
5 RECOMENDACIONES	87
CONCLUSIONES	93
BIBLIOGRAFÍA	95

## RESUMEN

El presente trabajo está orientado a realizar un levantamiento de suelos a nivel general, con el fin de determinar la vocación natural de los suelos de la subcuenca del Río Mayorazgo, Estado de México.

El trabajo se dividió en tres partes: el levantamiento de los suelos, la digitalización y análisis de mapas y la interpretación del levantamiento de suelos.

La metodología utilizada es la propuesta en el Manual de Levantamientos Edafológicos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia; por Elbersen, Benavides y Botero, actualizada por Villota y Forero (1986).

Para la interpretación del levantamiento de suelos se siguió el Sistema de Clasificación, Capacidad de Uso de las Tierras del Departamento de Agricultura de Estados Unidos. De acuerdo a la metodología empleada, el levantamiento de suelos de la zona se realizó en cuatro fases: preparatoria, campo, laboratorio y compilación del mapa con su informe.

Se definieron cinco unidades de mapeo de suelos, de los cuales cuatro fueron asociaciones, una disociación, un grupo misceláneo y una consociación, clasificadas a nivel Gran Grupo y denominadas como conjuntos. Los suelos identificados son Melanudand, Hapludand, Ustorthent, Haplumbrept / taptic ustalf, Paleustalf, Argiustoll.

Con la integración de la información generada para el levantamiento de suelos se obtuvo la clasificación por capacidad de uso de las tierras, la que arrojó siete clases de tierras de las cuales, cuatro corresponden a tierras apropiadas para el cultivo y significa el 68.59 % del área total, y el 31.38 % restante a tres clases de tierras no arables.

## 1 INTRODUCCIÓN

Los inventarios sobre los terrenos pueden tener repercusiones tanto económicas como medioambientales. En la década de los años 70 preocupaban esencialmente las primeras, mientras que al final de este siglo, especialmente en los países desarrollados, están adquiriendo cada vez mayor importancia los efectos sobre el medio ambiente, al crecer la sensibilización por la conservación de los recursos naturales, entre ellos el suelo.

Frente a una presión indiscriminada sobre el terreno, se está abriendo paso a la idea de buscar una concordancia entre los requerimientos de los usos del suelo y las cualidades de los terrenos. Se va haciendo cada vez más evidente que la toma de decisiones para ampliar el uso del territorio deberá buscarse con base en un adecuado conocimiento del mismo, tomando en cuenta su aptitud para un uso concreto, lo cual requiere información sobre el comportamiento de los suelos que forman dicho terreno.

En algunos países se empezaron a realizar inventarios de suelos. Ha sido una labor lenta, que requiere personal y recursos económicos y cuyos beneficios a corto plazo son difíciles de justificar, si bien a mediano y largo plazo resultan indispensables a medida que el volumen de información disponible permite pasar de la mera información de suelos contenida en un mapa, a las aplicaciones, que son muchas, y en ámbitos muy diversos. Sin embargo uno de los mayores problemas es que en todo el mundo se han generado de forma muy desigual tanto los inventarios como la cartografía de los recursos naturales.

Para la conservación de los recursos naturales es necesario tener en mente la planeación adecuada y uso sostenible de los mismos. En lo que se refiere al recurso suelo, éste debe ser correctamente estudiado a fin de conocer con precisión sus propiedades y características, a través de los levantamientos de suelos. Los objetivos de estos trabajos, si bien en un inicio fueron enfocados al

mero conocimiento de lo inventariado y su distribución territorial, cada vez se han orientado más hacia la comprensión de cómo funcionan los distintos sistemas. Ello debe permitir una planificación conducente a un desarrollo eficiente y equilibrado, que tenga en cuenta la potencialidad y fragilidad de los recursos, para mejorar su uso y evitar su degradación, es decir que sea sostenible o durable a largo plazo (Porta *et al.*, 1994).

La importancia de un levantamiento de suelos consiste en evaluar y predecir la aptitud y limitaciones de los suelos. Para su mejor uso y manejo, proporciona información teórico práctica en la forma más sencilla posible, de manera que pueda ser entendida y aplicada por los diferentes usuarios del suelo, desde un profesional de la rama, hasta un agricultor (Elbersen *et al.*, 1986). También es fuente de información básica para la planeación y programación de actividades agroeconómicas de la región de que se trate.

La superficie total de la República Mexicana es de 1'967,183 km<sup>2</sup>. Los porcentajes principales de usos de la tierra son los siguientes: pastizales 14.2, terrenos agrícolas 12.7, terrenos agropecuarios de aptitud forestal 11.4, bosques 15.5, selvas 13.4, arbustos y matorrales 29.3, vegetación de desiertos y dunas 1.6, y otros 1.9. Solo el maíz y el frijol representan el 62.5 y 34.7%, respectivamente, de la producción total de granos. En contraste, los grupos de hortalizas y hortifrutícolas participan con el 6.7% de la superficie cosechada (Censo Agropecuario Nacional Mexicano, 1991).

De acuerdo con el Programa Estatal de Protección al Ambiente 1996-1997, el Estado de México cuenta con una extensión territorial de 21,355 km<sup>2</sup> que representa el 1.1% del territorio nacional. Los principales usos de suelo son: 37.9% agrícola, 31.0% forestal, 16.9% pecuario, que en conjunto suma 85.9% del total de la superficie de la entidad; del 14.1% restante el 4.7 se encuentra destinado al uso urbano e industrial, el 1.4% a cuerpos de agua y el 7.8% para otros usos. En el territorio mexiquense el 88.7% de su superficie es ejido.

De las 511,000 ha de bosque en el Estado de México 398,000 son consideradas aprovechables y están distribuidas de la siguiente manera: encino 22%, pino 42%, oyamel 27% y otros 9%. Actualmente se pierden por deforestación en promedio 2,650 ha anuales, lo cual, aunado a la erosión y degradación del suelo, constituyen el principal obstáculo para el desarrollo sustentable. De los 122 municipios con que cuenta el Estado, 117 presentan algún tipo de daño en el suelo, como erosión, deforestación y contaminación.

La superficie estatal utilizada para la disposición final de residuos urbanos controlados abarca una extensión de 400 ha aproximadamente y 280 ha de tiraderos sin control.

Dentro de las tierras con uso indiscriminado con pendientes mayores de 8° abiertos a la agricultura, con tiraderos de basura a cielo abierto y explotación de suelo con textura migajón arcillosa para la fabricación de tabique, se encuentra la subcuenca del Río Mayorazgo, lo que promueve la pérdida de bosques productivos, la degradación de la cuenca y la acelerada desertificación.

### 1.1 Justificación

Partiendo de la premisa de que el suelo ha sido y será por siempre la fuente esencial de la producción de alimentos y que la base de la productividad animal y vegetal radica en el manejo racional del suelo, se hace necesario el inventario actualizado de este recurso en la subcuenca del Río Mayorazgo, el cual se encuentra en estado de deterioro debido a diversas causas; entre ellas, el mal manejo de los recursos naturales, que trae como resultado la degradación de suelos, con la consecuente baja de producción, la pérdida de vegetación y del hábitat de fauna y flora silvestre, repercutiendo todo esto en el nivel de bienestar de los habitantes de la zona.

Es necesario realizar un levantamiento de suelos a nivel general, para plantear propuestas de mejor manejo de la zona y su posterior evaluación, a fin de definir la capacidad de uso de los terrenos y las acciones de manejo de carácter estratégico.

## 1.2 Objetivos

General:

Realizar un levantamiento de suelos de 4° orden en la subcuenca del río Mayorazgo, Estado de México en función de las características morfológicas, químicas y físicas del suelo, para su representación espacial y como base en el manejo integral de la subcuenca

Específicos:

Delimitar unidades de paisaje con base al análisis cartográfico y aerofotográfico.

Realizar un muestreo de campo por unidad de paisaje así como su caracterización física y química.

Clasificar unidades de suelo para determinar su capacidad de uso.

Elaborar cartografía temática que caracterice la zona de estudio como resultado del levantamiento.

Contribuir a la integración de una base de datos.

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Conceptual

#### 2.1.1 Concepto de suelo

El término suelo se deriva del latín *solum* que significa piso o terreno. En general el suelo se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida. Muchas personas cuando se refieren al suelo tienen en mente el material que nutre y sostiene a las plantas en desarrollo, pero este significado es aún más general, ya que contiene no solamente al suelo en el sentido común, sino también a las rocas, agua, la materia orgánica y formas vivientes e incluso al aire, materiales y sustancias que intervienen directa o indirectamente en el sostenimiento de la vida de las plantas" (Ortiz *et al.*, 1985).

Buol *et al.*, (1981), afirman que el suelo es un "cuerpo natural de materia mineral y orgánica que cambia o ha cambiado en respuesta al clima y a los organismos".

Soil Survey Staff, 1994, lo describe como "Un cuerpo tridimensional continuo y coherente que cubre porciones de la superficie terrestre, desarrollado a partir de una mezcla de materiales minerales y orgánicos, con intensa actividad biológica, donde se dan múltiples interacciones entre la materia mineral, materia orgánica y los organismos vivos, bajo la influencia del clima y relieve a través del tiempo, que puede ser modificado y aún construido por el hombre; su grado de desarrollo se manifiesta en el grado de estructuración y formación de horizontes, suministra los nutrimentos y el sostén que necesitan las plantas, siempre que contenga suficiente agua y aire".

Todas las definiciones mencionadas para este trabajo tienen cada una de sus ideas y similitudes, que coinciden para el estudio del suelo; sin embargo, para el caso de esta investigación, se tomará la última definición como la más viable ya

que nos da una idea más clara y precisa de todos los procesos y elementos que intervienen en el desarrollo del recurso edáfico.

### 2.1.2 Concepto de cuenca hidrográfica

Una cuenca es un espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materiales sólidos transportados por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura (Llamas, 1989).

Cuenca hidrográfica, es la totalidad del área drenada por una corriente o sistema interconectado de cauces, de manera que el escurrimiento originado en tal área es descargado a través de una única salida.

La cuenca, como unidad natural, recoge los escurrimientos excedentes y los junta en una corriente común marcada por los desniveles del terreno, donde las circunstancias edáficas, climáticas, topográficas, el tipo de vegetación y el manejo de la misma, generan el grado de calidad y cantidad de humedad aprovechable (Sánchez, 1987).

La cuenca también se considera un sociosistema, concebido como el espacio físico en el que se desarrollan las actividades económicas y sociales tendientes al aprovechamiento de los recursos y a la relación del hombre con el ambiente energético natural, durante un período de tiempo determinado. Estas relaciones dependen del grado de desarrollo alcanzado por el hombre y la sociedad (Menz, 1989).

El objetivo del manejo de cuenca es hacer frente a los problemas del uso de la tierra y el agua principalmente, pero no en términos de cualquier recurso en particular, sino sobre la base de que todos los recursos dependen uno del otro, y deben considerarse consiguientemente todos juntos (FAO 1976).

La ordenación de cuencas debe contribuir a mantener o mejorar la capacidad productiva de la tierra, así como a mejorar sus funciones biológicas. Como las cuencas contienen en la mayoría de los casos ecosistemas, la erosión y el escurrimiento superficial deben limitarse a un mínimo, primordialmente para conservar la capa arable, mantener la fertilidad del suelo y retener el agua en los terrenos de las partes altas para evitar la sedimentación y las inundaciones en los terrenos agrícolas y urbanos ubicados en las zonas bajas (Lee, 1980).

### 2.1.3 Levantamientos de suelos

La adecuada planeación del uso de la tierra y el manejo racional de la misma, se basan en el conocimiento de las características y propiedades de los suelos.

La mejor manera de conocer las características y propiedades de los suelos es mediante los "levantamientos edafológicos". El propósito fundamental de un levantamiento edafológico es entender el origen de los suelos, conocer sus propiedades, su localización geográfica y predecir su comportamiento bajo diferentes usos y/o sistemas de manejo (Elbersen, 1978).

Actualmente se define "el levantamiento edafológico como una investigación científica que incluye las actividades necesarias para determinar las características importantes de los suelos, clasificarlos de acuerdo a un sistema natural, establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre clases de suelos, correlacionar y predecir su adaptabilidad a diversos usos bajo sistemas de manejo diferentes" (Elbersen *et al.*, 1986).

El Manual de Levantamiento de Suelos, S.S.M. USDA, 1951, define el levantamiento edafológico como una investigación científica con las actividades necesarias para:

1. Determinar las características importantes de los suelos.
2. Clasificar los suelos de acuerdo a un sistema natural.
3. Establecer e indicar sobre mapas las delimitaciones entre clases de suelos.
4. Correlacionar y predecir la adaptabilidad de los suelos a diversos usos, tales como cultivos, pastos, áreas recreativas e ingenieriles, bajo sistemas de manejo diferentes.

Además establece tres clases generales de levantamientos:

1. Detallados.
2. De reconocimiento.
3. Detallados-reconocimiento; esta última no constituía una clase separada, sino una combinación de las dos primeras.

Smith (1965) distingue las siguientes clases de levantamientos edafológicos, según los niveles de detalle e intensidad:

- Exploratorios.
- De reconocimiento.
- Detallados de intensidad baja, intensidad media, intensidad alta.

En el Manual de Levantamiento de Suelos que desarrolló el Servicio de Conservación de Suelo del USDA Soil Taxonomy en 1993 establece cinco clases de levantamientos (Cuadro 1).

Cuadro 1. Clases de levantamientos de suelos del Servicio de Conservación de Suelos del USDA, 1993.

ORDEN	ESCALA DE PUBLICACIÓN
1°	1:15,840 o mayores
2°	1:12,000 a 1:31,680
3°	1:20,000 a 1:250,000
4°	1:100,000 a 1:1 000,000
5°	1:500,000 a 1:1 000,000

Los levantamientos se usan en la planeación y manejo rural, específicamente en la adaptabilidad de cultivos individuales, distribución potencial y prácticas de manejo de suelos; en la planeación de la investigación agrícola y aplicación de los resultados y en la transferencia de tecnología (Ortiz *et al.*, 1977).

En el desarrollo de la metodología para levantamientos edafológicos, el Centro Interamericano de Fotointerpretación (CIAF) apoyado por el ITC de Holanda, ha incorporado dos aspectos muy importantes: la interpretación de imágenes por medio del análisis fisiográfico y la clasificación de los suelos por el Sistema Taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA).

Al observar la multitud de ambientes que se presentan en países como Colombia, Ecuador, Venezuela, Perú y México, se ha llegado a la conclusión de que los tipos convencionales de levantamiento (detallados o de reconocimiento) no son suficientes para acomodarse a las amplias diversidades edáficas, por eso se han diseñado seis clases de levantamientos (Cuadro 2), que van desde muy detallados hasta exploratorios y esquemáticos; a cada levantamiento se le asigna un número de orden, además del nombre del levantamiento. Los atributos que se tuvieron en cuenta para establecer los seis órdenes de levantamiento son:

1. Objetivos del levantamiento.
2. Características de la zona objeto del levantamiento.
3. Nivel de generalización fisiográfica.
4. Clase de unidades taxonómicas y de unidades funcionales.
5. Clase de unidad de mapeo.
6. Método de mapeo y caracterización edafológica de unidades de mapeo.
7. Escalas de mapeo y publicación.
8. Clase e intensidad de trabajo de campo.

Cuadro 2: Clases de levantamiento de suelo (CIAF, 1986)

NOMBRE DEL LEVANTAMIENTO	ORDEN DEL LEVANTAMIENTO
Muy detallado	Primer orden (1º)
Detallado	Segundo orden (2º)
Semidetallado	Tercer orden (3º)
General o de reconocimiento	Cuarto Orden (4º)
Exploratorio	Quinto orden (5º)
Esquemático	Sexto orden (6º)

El establecimiento de seis órdenes de levantamiento y su realización en fases o etapas permite seleccionar el nivel más adecuado o de mejor factibilidad, dependiendo de la situación así como del tiempo, dinero y del objetivo que se persiga en la investigación que se pretende llevar a cabo.

#### 2.1.4 Etapas del levantamiento de suelos

La ejecución de un levantamiento de suelos se divide en las siguientes etapas, varias de las cuales se realizan en forma casi simultánea:

- Etapa preparatoria
- Fotointerpretación preliminar
- Reconocimiento en campo
- Establecimiento de la leyenda edáfica (de campo)
- Mapeo sistemático
- Compilación del mapa y del informe, incluyendo la interpretación del levantamiento.

##### *Etapa preparatoria*

Una vez definida el área y el objetivo del estudio se procede a la adquisición de las coberturas fotográficas aéreas y cartográficas disponibles, en lo posible las más recientes y de mejor calidad, en una escala acorde con el nivel de levantamiento.

### *Fotointerpretación preliminar*

En esta segunda etapa se lleva a cabo el análisis fisiográfico de toda la cobertura fotográfica, se elabora una leyenda preliminar de fotointerpretación y se seleccionan las posibles áreas de muestreo y/o los transectos para el muestreo de campo.

### *Reconocimiento en campo*

El trabajo de campo debe iniciarse con un recorrido general de la zona para familiarizarse con sus vías y paisajes, y comprobar el valor general de las delineaciones de la interpretación y para confirmar la validez de la ubicación de los transectos.

### *Establecimiento de la leyenda fisiográfica-edáfica*

La leyenda de campo debe ser flexible para poder adaptar el mapa de los suelos a todas las variaciones que se encuentren en el campo durante el levantamiento sistemático, además de servir para la identificación de los perfiles por unidad taxonómica. La leyenda de campo debe describir las unidades de mapeo, su contenido edáfico en porcentajes, la posición relativa de sus componentes y su localización en relación con las unidades de mapeo colindantes, también es necesario describir la naturaleza de los límites entre dichas unidades. Estas descripciones se mejoran y en algunos casos cambian durante el levantamiento sistemático.

### *Mapeo sistemático*

El mapeo sistemático consiste en hacer observaciones ordenadas según el sistema de mapeo (con o sin fotointerpretación), y de acuerdo al patrón de distribución de los suelos.

En cada observación se identifica la unidad taxonómica. Por medio de varias observaciones se determina la unidad de mapeo y su delimitación, la que se transfiere y verifica en el mapa o en la fotografía.

#### *Compilación del mapa e informe de suelos*

La compilación del mapa consiste en transferir la información de líneas y símbolos de suelos, de las fotografías aéreas a un mapa base. El mapa debe tener una leyenda topográfica y una leyenda fisiográfica-edáfica, que pueda involucrar además la parte interpretativa. La leyenda de campo es un borrador de la leyenda fisiográfico-edáfica que aparece en el mapa.

Para cada paisaje fisiográfico se deben indicar las unidades de mapeo que se encuentran en él y la caracterización taxonómica de los suelos componentes de esas unidades de mapeo. Se puede agregar información acerca de porcentajes y posiciones de los miembros (Elbersen et al., 1986).

#### 2.1.5 Clasificación de suelos

El hombre tiende a clasificar los objetos naturales del ambiente, por lo tanto los suelos no constituyen una excepción, ya que son objeto de observaciones y experiencias y sirven como base a la producción agrícola, así como de apoyo para la construcción de obras de ingeniería.

Como todo método, los primeros sistemas de clasificación eran simples y prácticos; sin embargo, al aumentar el refinamiento de la agricultura, los conocimientos sobre el recurso suelo visto como un conjunto de cuerpos naturales independientes, así como el incremento de la diversidad y complejidad de uso por parte de estos elementos, tuvo como resultado una clasificación más completa, científica y organizada.

Existen diversos sistemas de clasificación de suelos, muchos de ellos, creados para países o regiones con condiciones muy particulares. El siglo XX finaliza con dos esquemas de uso generalizado a nivel mundial para denominar y clasificar los suelos, que pueden considerarse como sistemas de referencia:

Soil Taxonomy es un sistema taxonómico jerarquizado, propuesto y mantenido por el Soil Conservation Service del USDA, diseñado para poder trabajar a escalas grandes (1:25,000 y 1:50,000, mapas detallados). La leyenda del mapa de suelos FAO-UNESCO (1989), describe las unidades de la leyenda del mapa de suelos del mundo, propuesta y mantenida por FAO, diseñada para trabajar escalas pequeñas (mapas generalizados).

#### 2.1.5.1 Leyenda del mapa de suelos FAO-UNESCO

Este sistema no es estrictamente un verdadero sistema taxonómico, sino una recuperación de nombres de los principales suelos de diferentes partes del mundo, que sirve como Leyenda para el Mapa Mundial de Suelos (López, 1991).

El proyecto conjunto de la FAO y la UNESCO se inicia en el año de 1961 con la finalidad de:

- Realizar una primera valoración de los recursos de suelos del mundo, proporcionar una base científica para la transferencia de experiencia a áreas geográficas en condiciones de medio semejantes.
- Promover el establecimiento de una clasificación y nomenclatura de suelos generalmente aceptada.
- Establecer un esquema común para investigaciones más detalladas en áreas en vías de desarrollo.
- Servir como documento básico para docencia, investigación y actividades de desarrollo.
- Estrechar los contactos internacionales en el ámbito de la ciencia del suelo (Porta *et al*, 1994).

Este sistema consta de una clase superior aproximada pero no completamente equivalente al Gran Grupo del sistema americano. La categoría más baja se compone de intervalos o suelos con horizontes o características notables; se han propuesto fases para subdividir las clases secundarias, según diferencias en cualidades importantes en la utilización. Además, incluye la separación de tres clases texturales (Dudal 1968).

El sistema FAO-UNESCO se conoce en México desde sus inicios (1961) a través de la Subdirección de Agrología de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH); esta dependencia en colaboración con la FAO, inició los trabajos para la elaboración del Mapa Mundial de Suelos; posteriormente en 1970, la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) modificó este sistema, que incluyó algunas características de los suelos en México, sobre todo en lo que se refiere en los suelos derivados de cenizas volcánicas (CETENAL, 1970).

FAO-UNESCO (1989), edita una versión revisada de la Leyenda del Mapa Mundial de Suelos con modificaciones importantes en cada uno de los grupos, añadiendo nuevos grupos: Leptosoles, Calcisoles, Gypsisoles, Lixisoles, Alisoles, Plintosoles y Antrosoles.

En 1994 la Sociedad Internacional de la Ciencia del Suelo, el Centro de Información Internacional de Suelos y la FAO, editaron una base de referencia mundial para recursos de suelos, que llevan a nivel de grupos mayores a los Crysoles, Sequisoles, Glossisoles, Stagnosoles y Umbrisoles (Spaargaren, O. C., 1994) (Cuadro 3).

Cuadro 3: Grupos Mayores del Mapa Mundial de Suelos FAO-UNESCO  
(Spaargaren, O. C., 1994)

CLASES	CLASES	CLASES
Fluvisoles	Solonetz	Alisoles
Gleysoles	Solochanks	Nitisoles
Regosoles	Kastanozems	Ferralsoles
Leptosoles	Chernozem	Histosoles
Arenosoles	Phaeozems	Antrosoles Cryosoles
Andosoles	Luvosoles	Sesquisoles
Vertisoles	Planosoles	Glossisoles
Cambisoles	Podzoles	Stagnosoles
Calcisoles	Lixisoles	Umbrisoles.
Gypsisoles	Acrisoles	

#### 2.1.5.2 Soil Taxonomy

Esta clasificación empezó a elaborarse a raíz de que el Soil Survey Investigations del USDA se plantease, en 1951, la necesidad de buscar solución a los problemas que dejaba sin resolver la clasificación de Baldwin, Kellog y Thorp de 1938 y la revisión llevada a cabo por Thorp y Smith en 1949.

La elaboración requirió un gran esfuerzo por el volumen de información a utilizar y la labor de síntesis que exigía. El producto al que se llegó fue presentado en Madison (USA) en 1960, en el Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo, bajo la denominación de 7<sup>th</sup> Aproximación, que posteriormente pasó a ser conocida como Soil Taxonomy.

La Soil Taxonomy, representó pasar de una concepción cualitativa o semicuantitativa a cuantitativa. Desde 1960, la Soil Taxonomy ha sido mantenida por el Soil Conservation Service del USDA, lo que ha supuesto una constante revisión y puesta al día. Esta labor ha dado lugar a diversos borradores, las modificaciones de 1964, 1967 y finalmente en 1975, a la edición oficial denominada Soil Taxonomy. En la actualidad se han creado diversos comités de

especialistas en los diversos órdenes, que revisan y proponen modificaciones, que han visto la luz en las Keys of Soil Taxonomy de los años 1990 y 1992 (Porta *et al.*, 1994).

Este es un sistema taxonómico con una nueva nomenclatura, utiliza principalmente fuentes latinas y griegas clásicas. Las características de diferenciación escogidas son propiedades de los suelos mismos, incluyen la temperatura y humedad del suelo, la génesis sólo se utiliza como guía para determinar la pertinencia y sopesar las propiedades de los suelos (Smith, 1965).

Establece seis niveles jerárquicos de homogeneidad creciente entre los suelos, incluidos en cada uno de ellos: Orden, Suborden, Grupo, Subgrupo, Familia y Serie. Además, se puede contar con unidades taxonómicas funcionales en el levantamiento de suelos, como es el caso del Conjunto, creada por conveniencia, esto es, una unidad que permite escoger niveles intermedios entre los taxones del sistema de clasificación (Cuadro 4).

Cuadro 4. Órdenes y Subórdenes del Sistema Americano de Clasificación de Suelos (Soil Survey Staff, 1994)

ORDENES	SUBÓRDENES
ALFISOLS	Aqualfs, Boralfs, Ustalfs, Xeralfs y Udalfs.
ANDISOLS	Aquands, Cryands, Torrands, Xerands, Vitrands, Ustands y Udands.
ARIDISOLS	Cryids, Salids, Durids, Gypsids, Argids, Calcids y Cambids.
ENTISOLS	Aquents, Arents, Psamments, Fluvents y Orthents.
HISTOSOLS	Folists, Fibrists, Hemists, Saprist.
INCEPTISOLS	Aquepts, Plaggepts, Tropepts, Ochrepts y Umbrepts.
MOLLISOLS	Albolls, Aquolls, Rendolls, Xerolls, Borolls, Ustolls y Udolls.
OXISOLS	Aquox, Torrox, Ustox, Perox y Udox.
SPODOSOLS	Aquods, Cryods, Humods y Orthods.
ULTISOLS	Aquults, Hummults, Udults, Ustults y Xerults.
VERTISOLS	Aquerts, Cryerts, Xererts, Torrerts, Uderts y Usterts.

### *Ventajas del Soil Taxonomy.*

- Los taxones quedan definidos de forma que sean mutuamente excluyentes. Clasifica suelos y no procesos formadores, por lo que sólo requiere 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 o menos hipotéticos.
- Considera propiedades que por lo general tienen significación frente al uso. La terminología utilizada, si bien puede resultar extraña al principio por su novedad, resulta autoexplicativa cuando se llegan a entender las normas de nomenclatura. Resulta, a partir del inicio, clara y no requiere traducción a los distintos idiomas.
- Define con igual precisión todos los niveles jerárquicos, por lo que puede utilizarse tanto a nivel detallado como de generalización.
- Se puede aplicar de forma objetiva, ya que se basa en información cuantificada (Soil Survey Staff 1975).

#### 2.1.6 Capacidad de uso del suelo

Los levantamientos de suelos sirven de base para un sistema de clasificación de capacidad de uso de la tierra. Este sistema requiere que cada hectárea de tierra sea usada en coincidencia con su capacidad y limitantes. La tierra se clasifica según el uso sostenido más conveniente que puede hacerse de ella, dándole una adecuada protección a la erosión y a otros medios de deterioro (Porta *et al.*, 1994).

La clasificación de capacidad de uso de la tierra, fue creado por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura, de los Estados Unidos, para las condiciones ecológicas, sociales y económicas de ese país; sin embargo, esta clasificación se ha empleado con éxito en otros países del mundo, con algunas modificaciones al original.

La clasificación de la capacidad de uso de la tierra es uno de los numerosos agrupamientos interpretativos, hechos principalmente para fines agrícolas. Esta clasificación se fundamenta en las unidades cartográficas e individuales de suelos.

La clasificación de la capacidad del uso de la tierra, constituye el fundamento apropiado de su racional aprovechamiento, basado en factores limitativos permanentes como: pendiente, erosión y clima; no se consideran como limitaciones a aquellos factores que es posible subsanar. La clasificación debe de hacerse en base al uso más intensivo, que pueda practicarse sin riesgo y con el mantenimiento permanente del suelo.

La clasificación por capacidad de uso agrupa a los suelos en ocho clases, las limitaciones en su uso o los peligros de deterioro del suelo son progresivamente mayores de la clase I a la VIII (Buckman *et al.*, 1985).

Clase I a IV, terrenos adecuados para el cultivo.

Clase I: Suelos con pocas limitaciones que restringen su uso

- Con pendiente inferior al 3%, sin peligro de erosión.
- Profundos, generalmente bien drenados, fácilmente cultivables.
- Bien adaptados para retener la humedad, bien abastecidos de nutrientes para las plantas o de alta respuesta a los fertilizantes.
- No sujetos al daño de inundaciones.
- Productivos y adaptados a cultivos intensivos.

En áreas de regadío estos suelos están:

- Protegidos por los trabajos de regadío relativamente permanentes.
- Casi a nivel con zonas de enraizamiento profundo.
- Fácilmente trabajables con capacidad favorable de retención de humedad.
- No afectados por sales, inundaciones, erosión o problemas de manto freático.

Clase II. Suelos con algunas limitaciones, que reducen la elección de plantas o requieren prácticas moderadas de conservación.

Estos suelos tendrán las siguientes limitaciones, ya sean simples o combinadas:

- Pendiente moderada (3 a 7%), susceptibilidad moderada a la erosión eólica o hídrica.
- Profundidad del suelo menor de la ideal.
- Estructura del suelo algo desfavorable, así como su práctica de laboreo.
- Salinidad o alcalinidad ligera o moderada.
- Inundaciones perjudiciales ocasionales.
- Humedecimiento que puede corregirse por el drenaje.
- Ligeras limitaciones climáticas.

Clase III. Suelos con severas limitaciones, que reducen la selección de plantas o requieren prácticas especiales de conservación o ambas cosas a la vez.

Estos suelos tendrán limitaciones, ya sea en forma simple o combinada, como las siguientes:

- Pendientes moderadamente fuertes (12 a 25%), con alta susceptibilidad a la erosión.
- Inundaciones frecuentes que causan daños a los cultivos.
- Permeabilidad deficiente del subsuelo.
- Persistencia de humedad aún después de haber drenado.
- Suelo superficial de espesor reducido.
- Baja capacidad de retención de humedad.
- Baja fertilidad no fácilmente corregible.
- Salinidad o alcalinidad moderadas.
- Limitaciones climáticas moderadas.

Clase IV: Suelos con muy severas limitaciones que restringen la elección de plantas y que requieren muy cuidadosos manejo o ambas cosas.

Las limitaciones de esta clase de suelos, ya sean de forma simple o en combinación son:

- Pendientes acentuadas (12 a 25%), con susceptibilidad a la erosión severa.
- Severos efectos de la erosión en el pasado.
- Suelos someros y de retención de humedad de baja capacidad.
- Inundaciones frecuentes con daño severo a los cultivos.
- Humedad excesiva, salinidad o alcalinidad severa.
- Clima moderadamente adverso.

Clase V a VIII, terrenos no adecuados para cultivos.

Clase V: Poco peligro de erosión (7 a 12%), pero tienen otras limitaciones que son imprácticas de sobrepasar y que hacen a los suelos inadaptables para el cultivo.

Ejemplos de condiciones de suelos clase V:

- Bajíos sujetos a inundaciones frecuentes.
- Suelos pedregosos o rocosos.
- Arenas en donde se estanca el agua y donde el drenaje no es factible.

Clase VI: Suelos con severas limitaciones, que los hacen impropios para el cultivo.

Ejemplos de limitaciones que no pueden ser corregidas son:

- Pendientes fuertes, peligro de erosión severa, efectos de erosión en el pasado.
- Pedregosidad, zona de enraizamiento muy delgada.
- Excesiva humedad o terrenos inundados.
- Salinidad o alcalinidad, clima muy inadecuado.

Clase VII. Suelos con muy severas limitaciones, que los hacen inadecuados para el cultivo.

Ejemplos de limitaciones más severas en la clase VII:

- Pendientes fuertes (más de 50%), erosión, suelo delgado.
- Piedras, suelo húmedo, sales, álcalis y clima desfavorable.

Clase VIII: Suelos con limitaciones que impiden su uso para la producción comercial de los cultivos. Se recomiendan usos como preservación de la vida silvestre, protección de cuencas y fines de recreación.

Ejemplos de limitaciones de la clase VIII de suelos, las cuales impiden su uso en la producción de los cultivos:

- Erosión, pedregosidad, suelo mojado, baja capacidad de retención de humedad.
- Salinidad o alcalinidad, clima desfavorable.
- Terrenos malos, malpaises, playas arenosas, áreas deslavadas, sitios de minas de rocas y otros factores que impiden el laboreo (Ortiz *et al*, 1984).

## 2.2 Banco de datos

La información de suelos se ha venido plasmando tradicionalmente en mapas, en soporte de papel y sus correspondientes memorias; podía considerarse que un documento de este tipo constituye ya un fin en sí mismo, al proporcionar información sobre los distintos suelos de un territorio y su distribución.

En la actualidad los mapas de suelos, además de un soporte de papel, pueden presentarse en soporte magnético, tras la digitalización del documento base. Adicionalmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG), permiten una explotación más exhaustiva de la información de suelos y su combinación con otros datos de diversa procedencia, tales como clima, topografía, límites

administrativos, etc., de los que pueden derivarse mapas interpretativos a la demanda de usos concretos.

Un Sistema de Información Geográfica es un mecanismo informático para manejar información de datos, es decir para facilitar el entendimiento de los fenómenos espaciales. Este entendimiento está basado en los datos ("antecedentes necesarios para el conocimiento exacto de una cosa"). Un SIG debe estar en condiciones de manejar tanto características espaciales de los objetos geográficos como los aspectos temáticos asociados a los objetos o unidades de observación.

Una cuestión fundamental y previa a la utilización de cualquier SIG es la disponibilidad de datos geográficos con ciertas características, que puedan ser introducidos en una computadora y después ser analizados.

El primer paso que es necesario realizar para introducir los datos en un SIG es su conversión a un formato digital.

Base de datos es: "una colección de uno o más ficheros de datos, almacenados en una forma estructurada, que contienen información no redundante, de modo que las relaciones que existen entre los distintos conjuntos de datos pueden ser utilizados por el sistema de gestión para manipular o recuperar los mismos y hace posible reelaborar continuamente la información solicitada, en función de las mejoras en la base de datos o de cambios en los criterios de aplicación de administradores de datos como: ARC/INFO, d'BASE, ATLAS GIS, ORACLE, FOX-PRO, etc.

#### *Características de los datos espaciales o georeferenciados.*

El componente espacial de los datos geográficos tiene dos aspectos: la localización geométrica o absoluta en relación con algún sistema de referencia exterior y las relaciones "topológicas" cualitativas que mantiene con otros objetos espaciales.

Un dato geográfico se puede descomponer (conceptualmente) en dos elementos, por un lado la observación soporte, que es una entidad de la realidad sobre la cual se observa un fenómeno; por la otra, la variable o atributo temático, que puede ser cualquier hecho que adopte diferentes modalidades en cada observación. Es decir, que los objetos espaciales están dotados de propiedades intrínsecas, las cuales se pueden medir; cada una de ellas constituye una variable o atributo temático, asociado a un objeto. Los datos geográficos están localizados en el espacio, lo que constituye una cuestión esencial del enfoque analítico de la Geografía y de las propiedades de los SIG's.

Las unidades de observación geográficas se pueden subdividir en dos grandes tipos: naturales y artificiales.

Las unidades de observación naturales son aquéllas donde la referencia espacial es intrínseca al propio hecho (variable) observado.

Las artificiales generalmente creadas por el hombre, en las cuales la referencia espacial es extrínseca y ajena a los fenómenos o variables temáticas medidas en ellas (Bosque, 1992).

Los SIG's pueden almacenar la información espacial de tres formas distintas: Vector, Raster y Tabular.

El modelo vectorial representa objetos espaciales codificando de modo explícito sus "fronteras". Las líneas que actúan de fronteras son representadas mediante las coordenadas de los puntos o vértices que delimitan los segmentos rectos que las forman. El formato raster implica el manejo de áreas referido a una matriz de puntos (píxeles), este formato es característico de las imágenes de satélite, funciona por medio de una matriz de columnas y renglones. Tabular, es una base

de datos que contiene la información de los dos módulos anteriores, además de que permite agregar mas atributos generados fuera del sistemas (Palacios, 1992).

### 2.3 Referencial

Con motivo de la 2ª Conferencia Interamericana de Agricultura en 1942, realizada en México, se fundó la Sociedad de la Ciencia del Suelo, unida a las actividades de la Sociedad Internacional del Suelo; en 1952 se constituyó la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, posteriormente en el año de 1962 es fundada la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.

La incorporación de México a la moderna ciencia del suelo tiene dos componentes básicos: el primero sucede al término de la Revolución Mexicana, cuando se define como estrategia para el desarrollo agrícola, y al impulso de las áreas de riego. Durante esa época se tuvo asesoramiento de técnicos americanos, específicamente de California, se crea la Comisión Nacional de Irrigación y se adiestra a técnicos mexicanos en la elaboración de mapas de suelos y en su clasificación con fines de riego en el curso conocido como Colegio Agrológico de Meoqui, Chihuahua, celebrado en 1927.

Sin embargo, como lo puntualizó González- Gallardo, no existía investigación en este campo de la ciencia del suelo, provocando con esto un desarrollo muy peculiar, el cual se caracterizó por la copia de metodologías, no siempre adecuadas a nuestro medio.

El segundo componente, se da alrededor de 1950, cuando surge como estrategia para el desarrollo agrícola, el uso de insumos (fertilizantes, semillas mejoradas, insecticidas, entre otros), con la colaboración de la Fundación Rockefeller, dando por resultado un impulso en el campo de la fertilidad de suelos. Dentro del cual existe probablemente más del 70% de los especialistas en suelos de nuestro país" (Ortiz *et al.*, 1985).

Los mapas de suelos elaborados en México hasta 1951 corresponden a tres propósitos diferentes que son:

1. Los que se hacen para ser utilizados en los distritos de riego.
2. Los que se hacen con el objeto de obtener un inventario de los recursos naturales en relación con las características de los suelos en una zona agrícola o en un estado de la República.
3. Los que sirven para identificar las características de desarrollo de los perfiles de suelos en relación con el clima y hacer fácilmente comparables los suelos de un país con los de otro.

Para ese mismo año, México había elaborado y publicado dos cartas agrológicas de la República, apareciendo en la última de ellas la representación del segundo intento de clasificación de suelos escala 1:200,000, pero únicamente se tenían planos agrológicos para los estados de Morelos, Tlaxcala y Tamaulipas, además se iniciaba el estudio del Valle de Guadalajara para continuar después con todo el Estado de Jalisco, (1:30,000). Estos estudios estaban basados en la metodología "Levantamientos de Suelos del Departamento de Agricultura de los E.U. de 1889". La evolución a nivel mundial de la cartografía de suelos, en los últimos 40 años, ha sido conceptual y metodológica, al incorporar nuevas técnicas y materiales de trabajo, entre las que se encuentran: fotografías aéreas e imágenes de satélite, así como en clasificación de suelos, en donde los cambios en técnicas de laboratorio son muy evidentes; desde 1968 la única entidad que de manera sistemática realizaba el levantamiento cartográfico de los suelos de México, fue el Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática (INEGI), antes DETENAL, el cual, para las condiciones del país, proyectó el inventario de suelos a escalas 1:50,000 y 1:250,000. En ambas se utiliza la Proyección Universal Transversa de Mercator (UTM); a escala 1:1,000,000 se utiliza la proyección Cónica Conforme de Lambert.

La tabla siguiente muestra los porcentajes de avance de la cartografía edafológica en sus diferentes escalas (Cuadro 5).

Cuadro 5: Porcentajes de avance de cartografía edáfica

ESCALA	PERIODO	TIEMPO EMPLEADO	AVANCE
1:50,000	1969-1979	11 Años	32.4 %
1:1 000,000	1979-1981	3 Años	100 %
1:250,000	1980-1997	16 Años	100 %

Las instituciones de enseñanza e investigación no se han quedado al margen en la elaboración de inventarios de los recursos naturales, como el suelo; muestra de ello son los estudios realizados por Cuanalo de la Cerda y Ortiz, 1976, quienes elaboraron un levantamiento de los suelos de Chalco, Méx. Este levantamiento de suelos consta de dos partes:

1. Se describen las propiedades generales de los suelos, cuya finalidad es mostrar las posibilidades de uso a nivel regional, para lo cual los suelos se reportan en términos de series y su localización en términos de asociaciones sobre un mapa escala 1:100,000.
2. En esta parte se describen las propiedades de los suelos en términos de series y su localización como fase en un mosaico aéreo escala 1:25,000, con lo cual se pretende mostrar sus posibilidades de uso a nivel parcelario. Estos levantamientos ayudan en la planeación del manejo, con el que se pueden obtener mejores cosecha, proteger los suelos, y en la selección de sitios para la construcción de carreteras, edificios y otras estructuras.

Los mismos autores en 1976 elaboraron un levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo, Estado de México, considerando las características de: localización, clima (por zonas), geología, vegetación e influencia humana. La metodología seguida fue:

1. Delimitación de la zona y obtención de la información existente sobre el área de estudio.
2. Fotointerpretación inicial de pares estereoscópicos 1:40,000 (delimitación de rasgos, problemas de erosión).
3. Recorridos de campo, se rectificaron las observaciones anteriores y se complementaron sus características.
4. Primer intento de definición de las unidades de clasificación, en el cual se establecieron los sistemas terrestres.
5. Segunda fotointerpretación paralela a recorridos de campo a todos los lugares accesibles, rectificando o ratificando límites en las fotografías, determinando pendientes y profundidades del suelo.
6. Segundo intento de definición de las unidades de clasificación, haciéndose una selección de facetas y sus características.
7. Elaboración del mapa de sistemas terrestres escala 1:100,000 (la superficie fue de 35,000 ha.)
8. Elaboración del mapa de facetas escala 1:40,000.

En los últimos años se han impulsado trabajos vinculados a esta área, con el fin de garantizar un mejor y mayor manejo del recurso edáfico. Ejemplo de esto son los trabajos publicados sobre levantamientos de suelos en la cuenca baja del Río Pilón, Nuevo León, México (López, 1992), Levantamiento taxonómico de suelos de la subcuenca de Cutzalapa, de la sierra de Manatlán, Jal. (Martínez y Sandoval, 1993); Levantamiento de suelos de la reserva ecológica Sierra de San Juan, Nayarit, México (Bojórquez y López, 1995); Levantamiento de suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit, México (Bojórquez, y López, 1997); Estudios edáficos en el volcán la Malitzin, estado de Tlaxcala (Domínguez 1995); Properties and classification of selected soils from Pico of Orizaba Volcano, México (Arias *et al*, 1995); Caracterización edafológica en la zona cálido húmeda de la Reserva de la Biosfera "El Cielo", Tamaulipas, México (González, *et al*, 1995); Los paisajes geomorfo-edafológicos del Cofre del Perote, Veracruz (Geissert *et al*, 1995); Estudio edafológico de la zona lacustre de Tláhuac (Vela y Flores, 1995).

Sin embargo, en el Estado de México son pocos los trabajos publicados sobre este tema: Levantamiento de suelos de 4º Orden del Municipio de Tenango del Valle (Pichardo y Villegas, 1996) y Levantamiento de suelos de conjunto volcánico andesítico del cuaternario en el municipio de Tenango del Valle para la determinación del potencial agrícola de la zona (Juárez y Pineda, 1998).

El gobierno del Estado de México ha realizado estudios de ordenamiento de cuencas hidrográficas para la conservación y protección de los recursos naturales, en donde se requiere el conocimiento preciso de cada recurso, entre ellos el suelo, de aquí se desprende la necesidad de realizar estos inventarios para una planeación en la conservación de los recursos. Para la subcuenca del Río Mayorazgo existe una propuesta de ordenamiento, realizado por García Reyes, en 1992, en la cual se recomienda la realización de un inventario del recurso suelo a escala adecuada para poder llevar a cabo una planeación acorde con la zona.

## 2.4 Descripción del área de estudio

### 2.4.1 Localización

La zona de estudio está localizada dentro del Sistema Volcánico Transversal, el cual constituye una franja volcánica del Cenozoico Superior, que cruza transversalmente la República Mexicana entre los paralelos 19º y 20º N.

Como parte de este sistema se encuentra la subprovincia de lagos y volcanes de Anáhuac; en esta subprovincia se incluye la capital de la República y las ciudades de Toluca, Pachuca, Tlaxcala y Cuernavaca. Está integrada por grandes sierras volcánicas o aparatos individuales que se alternan con amplios vasos lacustres. Dentro del mismo sistema se encuentra la Sierra de las Cruces y en su estribación poniente la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo. La Subcuenca del río Mayorazgo

se encuentra entre los paralelos 19°25'00" y 19°31'15" de latitud norte y entre los meridianos 99°32'10" y 99°25'50" de longitud oeste.

#### 2.4.2 Geología

El Sistema Volcánico tiene un arreglo zigzagueante provocado por la presencia de un sistema fundamental de fragmentación ortogonal, con dirección noroeste–noreste, en las fracturas. En la porción central del sistema se han reconocido siete fases de volcanismo ocurridas a partir del Oligoceno, la más importante de ellas es la quinta, ocurrida a fines del Mioceno, y que dio origen a la Sierra de las Cruces, situada dentro de los territorios del Distrito Federal y del Estado de México. La Subcuenca de estudio se localiza en las estribaciones de la Sierra de las Cruces, dentro del marco de la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo (Síntesis Geográfica del Estado de México, 1981) (Figura 1).

La Sierra de Monte Alto y de Monte Bajo se origina como parte de la actividad tectovolcánica pliocuaternaria, a través de fracturas tensionales con rumbo NNW-SSE, formando, entre otros orógenos, a las Sierras Nevada y de las Cruces. La Sierra de Monte Alto y Monte Bajo está constituido por elevados edificios volcánicos, derrames lávicos y depósitos piroclásticos de composición andesítica y dacítica principalmente. Lugo (1984) reconoce sobre el piedemonte, un depósito poligenético sedimentario complejo, el cual Bryan, designó como formación Tarango, consistente en lahares, acumulaciones volcánicas de material piroclástico, en los que se alternan depósitos de acarreo fluvial; asimismo, el citado autor diferenció, por edad, a la porción superior del piedemonte, del Pleistoceno y seguramente, Plioceno; en cambio, los depósitos en la sección inferior del mismo se originaron en el Pleistoceno tardío-Holoceno.

En la Sierra de la Cruces predominan rocas volcánicas que datan del período Terciario Mioceno, presenta rocas extrusivas de tipo andesítico en la parte noroeste, en tanto que las brechas y tobas volcánicas se presentan en la porción

Figura No 1 Croquis de Localización



sureste. Las andesitas son por lo general de textura cristalina porfídica, con cristales de plagioclasas y ferromagnesianos, dispuestas generalmente como coladas de bloques, algunas son vesiculares, sobre todo las más básicas; en ocasiones se presentan fracturadas en lajas y se localiza principalmente en la parte noroeste, formando la caldera Jilotzingo. También se encuentran tobas básicas del Terciario Mioceno, dicha unidad está compuesta principalmente por cenizas volcánicas semicompactadas que presentan una pseudoestratificación; poseen un color que varía del gris oscuro al claro y que al intemperizarse se torna pardo, constituyendo la caldera Mimiapan (Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla. 1986), (Mapa1).

### 2.4.3 Litología

Jenny, define el material basal "como el estado inicial del sistema suelo", este material constituye un elemento pasivo en la edafogénesis sobre el que actúan factores que lo transforman; este material puede ser roca consolidada, un depósito no consolidado o un suelo preexistente, que es el suelo en el momento cero.

Considerando lo anterior se realizó el mapa litológico de la subcuenca del Río Mayorazgo, constituida por andesita, que se localiza en la porción noreste y noroeste abarcando 3279.2 ha del área total; hacia la porción este se sitúan las rocas ígneas extrusivas que cubren 541.3 ha En la parte sureste se encuentran tobas abarcando una extensión de 1212.5 ha; en la región sureste se localizan las brechas volcánicas abarcando 79.0 ha y por debajo de éstos y las tobas se encuentra la mezcla arenisca toba, cubriendo 91.6 ha y se sitúan en la parte suroeste, flanqueada por tobas y brechas (Mapa 2).

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## GEOLOGÍA

### CUATERNARIO PLEISTOCENO TARDÍO HOLOCENO

 Depósito Aluvial

### TERCIARIO MIOCENO

 Caldera Jilotzingo

 Caldera Mimiapan

### PLEISTOCENO-PLIOCENO FORMACION TARANGO

 Lahares

 Flujos Piroclásticos

 Edificio volcánico

 Zona Urbana

FUENTE: Nuevo mapa geológico de las cuencas de México, Toluca y Puebla. CFE. 1996

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑO: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

MAPA 1

55

50

2145 000

XONACATLAN

SAN MIGUEL  
MIMIAPAN

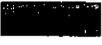
445 000

50

55

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## LITOLOGÍA

-  Andesita
-  Ignea Extrusiva Intermedia
-  Toba
-  Brecha Volcánica
-  Arenisca-Toba
-  Aluvial
-  Límite de unidades

FUENTE: Carta geológica, escala  
1:50,000. Cetenal, 1975.

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑO: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2006

MAPA 2

55

50

2145 000

445 000

50

55

#### 2.4.4 Geomorfología

Por lo que se refiere a la geomorfología, Ortiz (1988) describe la génesis de la siguiente manera: al finalizar el desarrollo orogénico se formaron decenas de volcanes a través de campos eruptivos monogénicos. Aunado a este fenómeno se presentó un estilo estructural de tensión o fase tectónica distensiva, como consecuencia de ello, el sistema disyuntivo aparece como un fenómeno dominante. La morfoestructura en bloques es evidente, según se deduce de los conjuntos estructurales de sierras aisladas que se definen siguiendo rumbos bien establecidos.

La Sierra de las Cruces forma un megabloque constituido por montañas bloque de orden menor, levantado a diferente altura por los movimientos diferenciales en intensidad. De esta manera, el sistema disyuntivo tiene lugar a dos diferentes escalas: una a nivel de megabloques o sierras mayores y amplias fosas tectovolcánicas y otra a nivel secundario, en bloques menores y hundimientos locales.

La Subcuenca del Río Mayorazgo, afluente del Río Lerma en el Estado de México, se localiza dentro del marco de las estribaciones de la Sierra de las Cruces en la cual se identifican alineaciones de fracturas con dirección NNW-SSE que permitieron la formación orogénica de la sierra; por otra parte, actividades tectónicas de carácter distensivo en el Cuaternario, modificaron las direcciones de fracturas que permitieron la formación de nuevos sistemas secundarios orientados de E-W, perpendiculares a las estructuras primarias del neógeno. Debido a su localización, dicha subcuenca se encuentra asociada por su origen, morfología y materiales constituyentes, a la Sierra de Monte Alto y Monte Bajo formada en dos etapas fundamentales, Pleistoceno-Plioceno y Pleistoceno-Holoceno, en el que se reconoce una importante actividad tectovolcánica pliocuaternaria, asociada a fracturas de tensión NNW-SSE con la formación de edificios volcánicos, relacionada a la vez con el desarrollo de flujos andesíticos y dacíticos, así como de piroclastos con estas mismas características.

rectas, convexas fuertemente erosionadas, laderas rectas convexas y rectas cóncavas.

La llanura aluvial del Cuaternario fue receptora en condiciones de baja energía de los sedimentos coluviales, diluviales y proluviales en los márgenes de depresiones de tipo tectovolcánico, colmadas ahora de sedimentos recientes.

Para la descripción detallada de las geoformas se contó con fotografías aéreas de 1989 a escala 1:20,000, las cuales permitieron realizar el mapa geomorfológico de la subcuenca del Río Mayorazgo (Mapa 3)

Como complemento del análisis del paisaje se elaboró el mapa de pendientes, tomando los rangos recomendados para la clasificación de uso de la tierra. Los resultados se plasman en el Mapa 4 y Cuadro 7, los cuales permiten tener un atributo fundamental para la clasificación de tierras así como las recomendaciones. Las pendientes que van de 0 a 3% se localizan al sur de la cuenca correspondiente a la zona aluvial, las pendientes del 3 al 7% se localizan en la parte de piedemonte, las pendientes de 7 a 12% corresponden a la parte norte, este y pequeñas zonas de valles intramontanos. Las pendientes mayores a 12% corresponden a la mayor parte del área total que se localizan en la parte noreste y noroeste de la zona.

Cuadro 7: Porcentaje de Pendientes.

PENDIENTE EN %	HECTAREAS	% DEL AREA
0-3	603.5	10
3-7	968.0	17
7-12	886.0	15
12-25	2215.5	37
25-50	920.1	16
+ DE 50	268.2	5

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## GEOMORFOLOGÍA

-  VALLE ACUMULATIVO EROSIVO
-  LADERA RECTA Y CÓNCAVA
-  LADERA CÓNCAVA CONVEXA
-  LADERA RECTA Y CÓNCAVA
-  LADERA CONVEXA TENDIDA
-  VALLE
-  LADERA RECTA CONVEXA TENDIDA
-  LADERA CONVEXA
-  LADERA CÓNCAVA CONVEXA
-  LADERA RECTA CONVEXA
-  LADERA RECTA CÓNCAVA
-  LADERA RECTA CONVEXA
-  L. CONVEXA FUERTEMENTE EROSIONADA
-  L. CÓNCAVA CONVEXA Y RECTA
-  LLANURA ALUVIAL
-  LÍMITE DE GRAN PAISAJE

FUENTE: Fotografías aéreas, 1989

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑÓ: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

55

50

2145 000

445 000

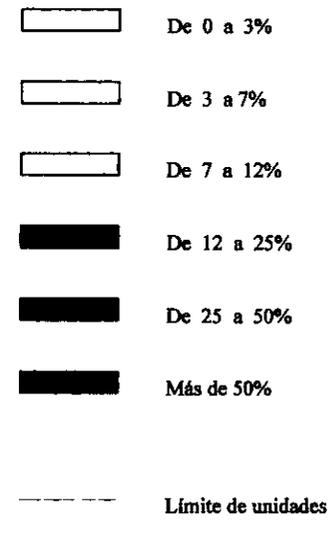
50

55

MAPA 3

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## *PENDIENTES*



ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑÓ: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

MAPA 4



### 2.4.5 Hidrología

De acuerdo a la hidrología superficial, la zona en estudio forma parte de la región hidrológica Lerma-Santiago, Cuenca Río Lerma-Toluca, Subcuenca Curso Alto Lerma, Subcuenca Tributaria Río Mayorazgo-Temoaya y a la Subcuenca Específica Río Mayorazgo.

Para la zona de estudio se presentan dos unidades geohidrológicas: la primera que corresponde a la parte alta de la cuenca es una unidad con material consolidado, cubierta por rocas ígneas extrusivas de tipo andesítico que ha desarrollado pocas corrientes superficiales, por lo que la mayor cantidad de agua que precipita en la zona se infiltra rápidamente, para aflorar más abajo en forma de cinco manantiales.

En la segunda unidad, el porcentaje y distribución de la precipitación media anual "estimula" la presencia de escurrimientos superficiales cuyo coeficiente es mayor a 30% y al sumarse el gasto de los manantiales origina los tres arroyos principales que constituyen la subcuenca del Río Mayorazgo, el Arroyo Valdés con una longitud de 7.37 km y gasto de afluente de 151.0 l/seg, el Arroyo Bernal con una longitud de 10.93 km y gasto de afluente de 95.0 l/seg, y el Arroyo Mayorazgo con una extensión de 14.88 km y un gasto de afluentes de 178 l/seg. Los gastos están medidos en la época de estiaje y aunque el volumen en época de lluvia no se ha cuantificado, se considera como dos veces más el volumen indicado. Este volumen es utilizado para riego de punteo, que corresponde a las unidades de riego de Santa Ana Jilotzingo y Mayorazgo, actividad que se desarrolla en los meses de febrero y abril, conduciéndola en canales no revestidos, lo que provoca que se pierda más del 50% por infiltración del volumen total. Como agua potable se utiliza un volumen no cuantificado, (García 1992)

- Ortiz (1988) describe el drenaje a partir de las características particulares de su diseño, el modelo se expresa como un patrón dentrítico, en donde las corrientes troncales corren hacia cada uno de los flancos de la cuenca de

recepción y en el que se agregan tributarios, para unirse aguas abajo en una sola corriente y convertirse en el Río Mayorazgo.

- La otra característica distintiva es que el patrón de drenaje se circunscribe a la superficie que adopta la forma ovoide o lobulada. La red fluvial está enmarcada por las corrientes principales que se encuentran circundando a la porción central o media del avenamiento fluvial, ya que tiende a disponerse hacia la periferia del lóbulo envolviéndolo; este arreglo se ajusta muy bien al modelado de conos o abanicos aluviales pues, una vez disecados, las corrientes adquieren la configuración de un trazo lobulado.
- El patrón conserva el esquema de cursos arqueados, pero en numerosas ocasiones muestra anomalías en el trazado, toda vez que los tributarios pierden la típica agudeza de los ángulos de confluencia, para reemplazarse por ángulos rectos o de confluencia perpendicular, incluso los cursos presentan cambios inusitados de rumbo en el sentido de la contrapendiente general (Mapa 5)

#### 2.4.6 Suelos

La cartografía de CETENAL 1975 escala 1:50,000, realizada con fotografías aéreas 1:70,000 del año de 1970, asigna a la subcuenca en estudio tres grupos de suelos de acuerdo al sistema FAO: Andosol ócrico y húmico, Cambisol eútrico y Vertisol pélico.

Los Andosoles son connotativos de suelos formados de materiales ricos en vidrio volcánico y que por lo común tiene un horizonte superficial oscuro con una profundidad de 35 cm, o más; el Andosol ócrico tiene un horizonte B cámbico, consistencia embarrosa y/o textura migajón limoso o más fina. El Andosol húmico, tiene un horizonte A úmbrico, con una consistencia embarrosa y/o textura migajón limosa o más fina; estos suelos se encuentran en la parte alta de la subcuenca cubriendo un área de 4.041 ha.

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## HIDROLOGÍA

-  CORRIENTE PERMANENTE
-  CORRIENTE INTERMITENTE
-  MANANTIAL

FUENTE: Carta topográfica, escala  
1:50,000. Cetenal, 1975.

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑO: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ



JULIO DE 2000

55

50

2145 000

445 000

50

55

MAPA 5

Cambisol eútrico: estos suelos indican los cambios en color, estructura y consistencia que resulta del intemperismo in situ. Tiene un horizonte A ócrico y una saturación de bases de 50% o más en un espesor de entre 20 y 50 cm de la superficie; este suelo se localiza en la parte media de la subcuenca, cubriendo una extensión de 1200 ha.

Vertisol: suelo que después de haberse mezclado los 20 cm superiores tiene 30% o más de arcilla; son de color oscuro, tienen textura uniforme fina o muy fina; un contenido bajo de materia orgánica, presentan dominancia de arcilla expandible, por lo general montmorillonita, que ocasiona que esos suelos al secarse se encojan y agrieten; presentan grietas de cuando menos 1cm de ancho y 50 cm de profundidad. El Vertisol pélico en los primeros 30 cm de profundidad tiene un cromá dominante de menos de 1.5; este suelo se encuentra en la planicie de la cuenca, abarca 630.34 ha.

#### 2.4.7 Uso de suelo y vegetación

En 1975 CETENAL publicó la carta de uso del suelo y vegetación escala 1:50,000, elaborada con fotografías aéreas de 1970, en la que reporta:

Para la zona que cubre la cota 3,000 a 3,500 m, bosque de coníferas, oyamel y pino con latifoliadas y áreas con pastizal inducido.

De los 2,750 a los 3,000 m, bosque latifoliado, encino-oyamel y pino- encino, más bosque natural de coníferas y vegetación secundaria de matorral inerme. Agricultura de temporal permanente, básicamente maíz, con rendimientos que van de 1.0 a 2.5 t/ha, avena y cebada en pequeña escala y frutales para autoconsumo (manzana, pera, capulín, tejocote, ciruelo).

De los 2,650 a 2,750 m existe agricultura de temporal permanente y un área pequeña de riego con vegetación secundaria de matorral inerme; en el área de

agricultura la producción principal es maíz y algunos árboles frutales para autoconsumo.

De los 2,500 a 2,600 m existe agricultura de temporal permanente con agricultura de riego, el cultivo predominante es de maíz con una producción que va de los 2.0 a los 3.5 t/ha/año.

#### 2.4.8 Clima

La subcuenca del Río Mayorazgo por su situación geográfica, y de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García, (1981) presenta dos climas: semifrío subhúmedo Cb' (w2)(w) ig que es el más húmedo de los semifríos, con lluvias en verano y coeficiente de precipitación y temperatura (p/t) mayor a 55.0; con porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10 y oscilación térmica de 4.1; este clima se localiza en la parte alta de la subcuenca, donde predomina el bosque de oyamel y pino-encino. El segundo clima existente en la zona es el templado subhúmedo, Cb(w2)(w) i', es el más húmedo de los templados con lluvias en verano, con coeficiente de precipitación y temperatura (p/t) de 65.8, porcentaje de lluvia invernal de 4.5 y oscilación térmica de 6.5; se localiza en la parte media y baja de la subcuenca, donde predomina la agricultura de temporal y riego, por lo que se requiere de más detalle de las características climáticas para el manejo de cultivos (Cuadro 8).

Cuadro 8: Características del clima templado subhúmedo. Subcuenca Rio Mayorazgo

CARACTERÍSTICA	PARAMETRO
Temperatura media anual	13.7°C
Mes más caliente	Marzo
Temperatura del mes más caliente	26.8°C
Mes más frío	Diciembre
Temperatura del mes más frío	1.4°C
Temporada de heladas	Noviembre – marzo
Número de días con heladas al año	62
Mes con mayor número de heladas	Enero
Precipitación media anual	1,044 mm
Temporada de lluvias	Mayo – octubre
Mes más lluvioso	Julio
Precipitación del mes más lluvioso	213.8 mm
Número de granizadas	12
Mes con más granizadas al año	Agosto
Número de granizadas en el mes	3 días en promedio
Vientos dominantes	Norte – sur
Vientos dominantes julio – diciembre	Noreste – suroeste

Fuente: Hidrométrica S.A.R.H. Estado de México 1915-1985.  
Estación Meteorológica Mimiapan, 2916 m.

#### 2.4.8.1 Análisis de la información climática

Se elaboraron los balances hídricos de la zona considerando dos estaciones climáticas: Hacienda la "Y" con coordenadas 19°34' N y 99°25' W, a 2,600 m y con lecturas de temperatura y precipitación de 37 años; y La Marquesa con coordenadas 19°18' N y 99° 22' NW a 3060 m con lecturas de 22 años. Los balances hídricos son una representación gráfica de algunos factores climáticos y tiene por objeto esquematizar las condiciones de balance de agua para una zona determinada, para ello se estimó la evapotranspiración potencial por el método propuesto por la SARH en 1972.

Figura 2

PRECIPITACIÓN EN mm  
LA MARQUESA

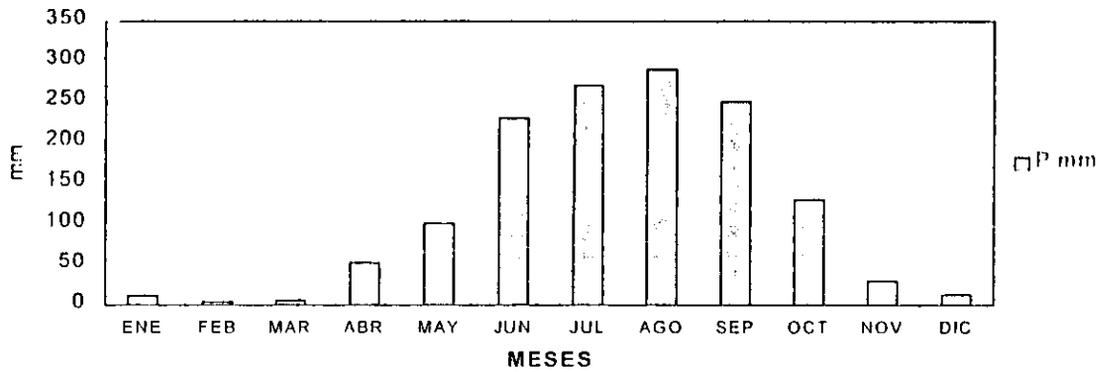
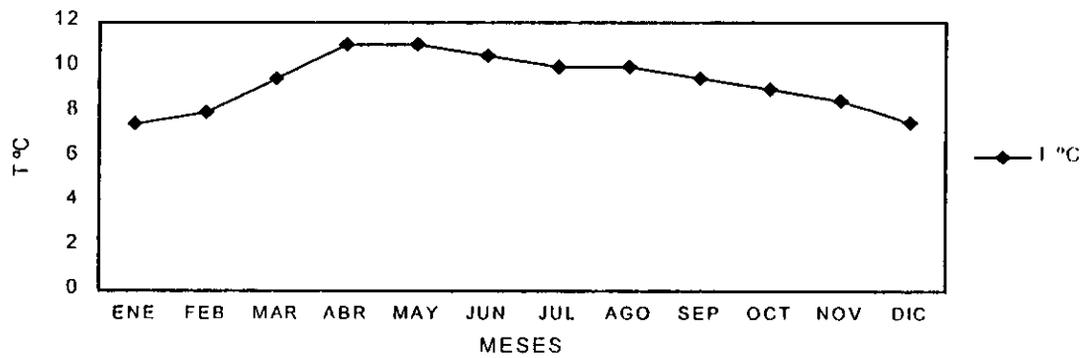


Figura 3

TEMPERATURA EN °C  
LA MARQUESA



EVAPOTRANSPIRACIÓN  
LA MARQUESA

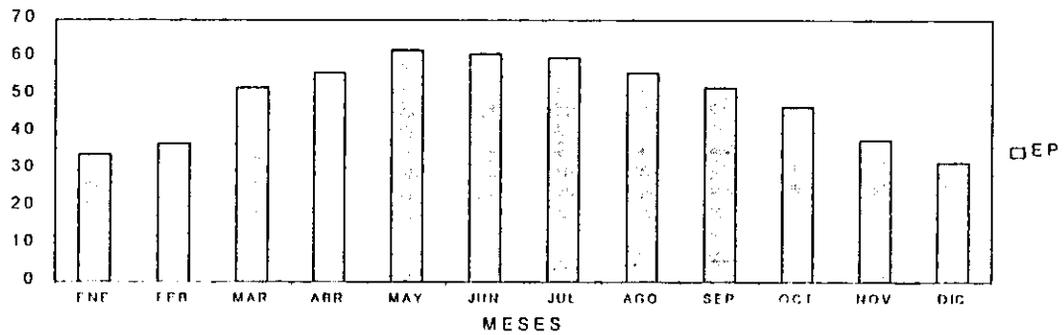
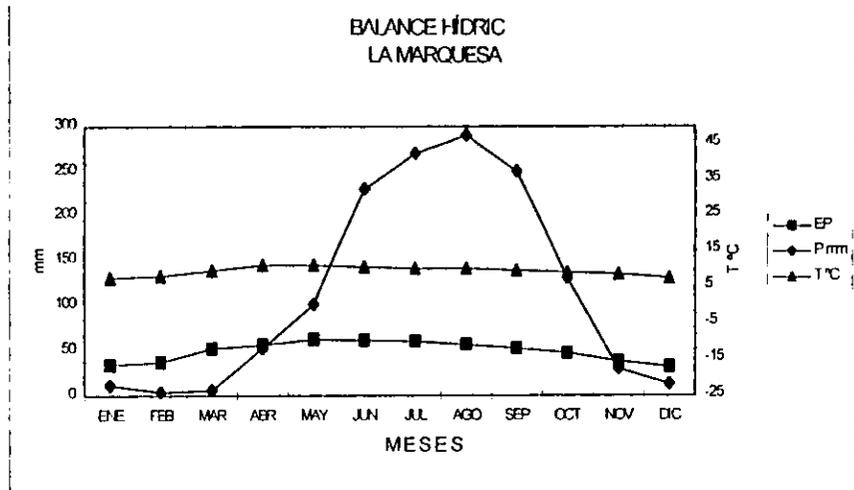


Figura 4

Figura 5



En la parte alta de la subcuenca el clima es semifrío subhúmedo, presenta un régimen de humedad del suelo údico con una distribución regular pluviométrica a lo largo del año. En verano llueve lo suficiente para que el agua almacenada iguale o supere la evapotranspiración; si hay sequía ésta es corta e infrecuente (Figuras 2 a 5), con un período de recarga en los meses de junio, julio y agosto, un excedente en agosto, septiembre, octubre y noviembre y la humedad aprovechable de noviembre a abril.

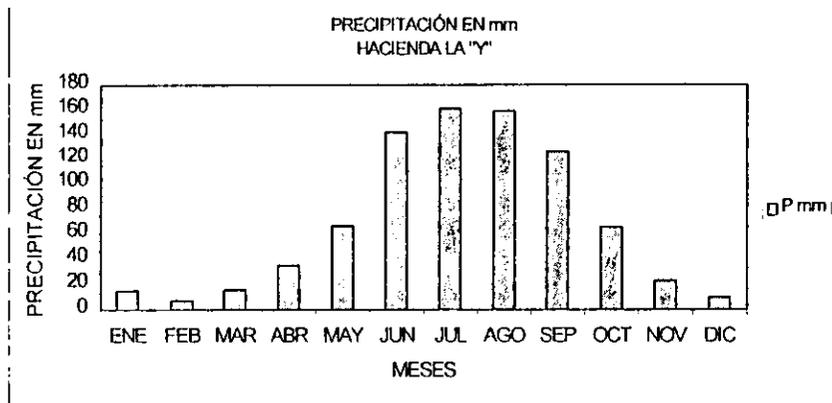


Figura 6

Figura 7

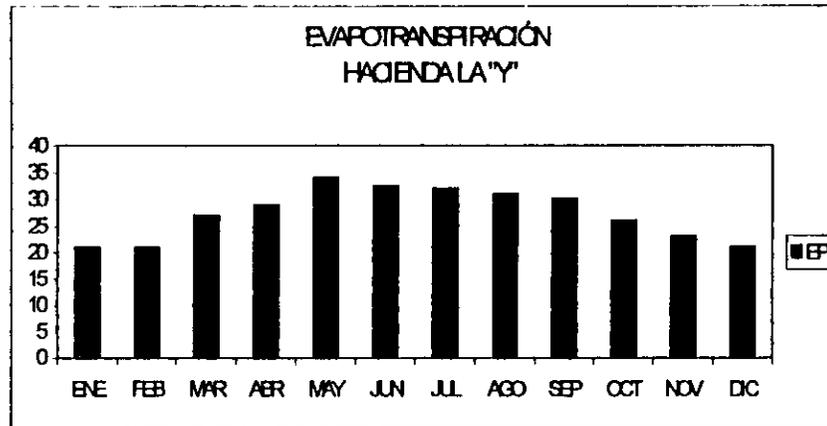
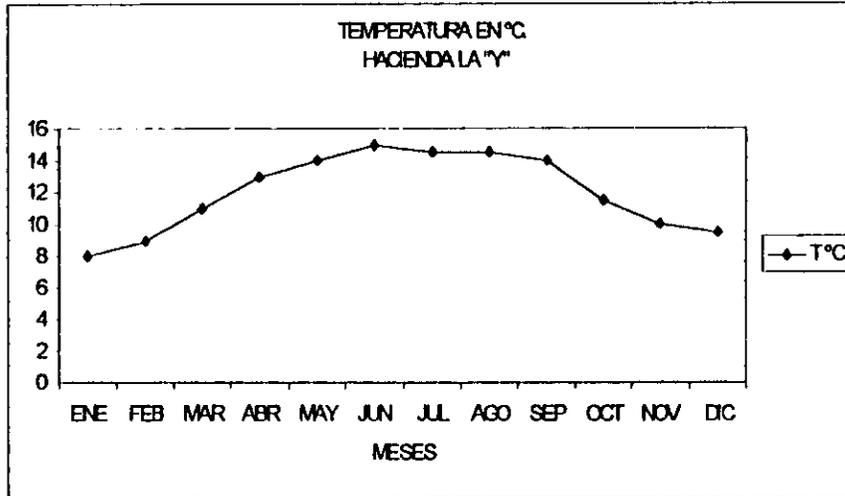


Figura 8

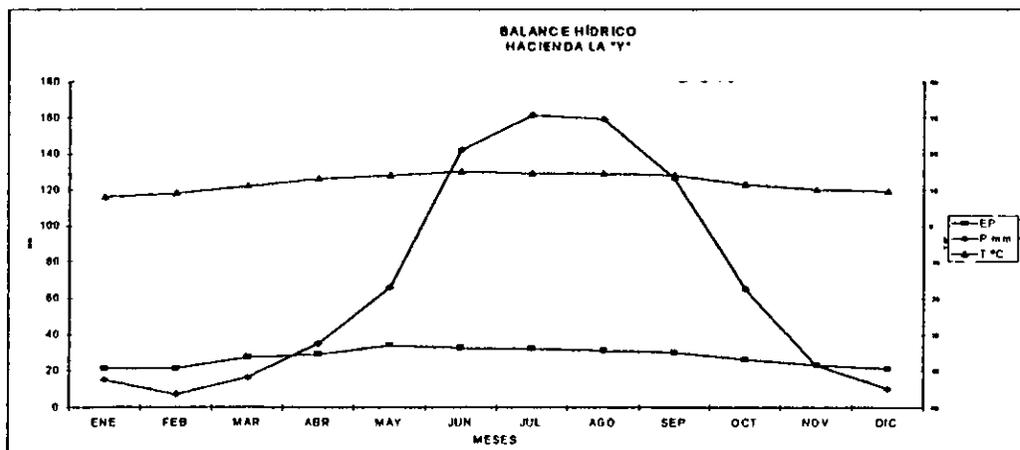


Figura 9

Para la zona baja de la subcuenca que presenta el clima templado subhúmedo, el régimen de humedad del suelo se clasificó como ústico, en el que el suelo dispone de agua, coincidiendo con el período de crecimiento de las plantas. En el invierno puede haber una cantidad limitada de agua (Figuras 6 a 9), con un período de recarga de los meses de abril, mayo, junio y julio, un excedente de julio a noviembre y con humedad aprovechable de noviembre a marzo.

#### 2.4.9 Aspectos socioeconómicos

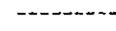
La subcuenca del Río Mayorazgo se encuentra dentro de tres municipios del Estado de México: el municipio de Jilotzingo que corresponde a la parte alta de la subcuenca, donde existen caseríos muy dispersos y en su totalidad la tenencia de la tierra es propiedad comunal; en el municipio de Oztolotepec hay tres poblados: La Huanica, Mayorazgo y Santa Ana Jilotzingo, donde existe propiedad comunal, ejidal y propiedad privada. El municipio de Xonacatlán comprende los poblados de San Miguel Mimiapan, y Xonacatlán, donde existen ejidos así como propiedad privada (Mapa 6).

Realizando un análisis de tenencia de la tierra de 1989 por superficie en la subcuenca del Río Mayorazgo, predomina la propiedad comunal con 2698.01 ha, que corresponden al 46.02 % del área total, le sigue el ejidal con 2626.76 ha que significa el 44.81%, la propiedad privada ocupa el 5.49% con una extensión de 322.03 ha y la zona urbana únicamente ocupa el 3.66% del total del área de estudio con 214.68 ha (Mapa 7).

El cálculo de la población total se realizó con base en los datos por localidad de los resultados definitivos del Censo de Población y Vivienda (INEGI, 1980 y 1990); estos no han sido considerados en toda su extensión dado que las localidades comprendidas en el área de estudio forman parte de los municipios citados.

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## TOPOGRAFÍA

-  ZONA URBANA
-  CARRETERA
-  TERRACERIA
-  CORRIENTE PERMANENTE
-  CORRIENTE INTERMITENTE
-  CURVA DE NIVEL MAESTRA
-  CURVA DE NIVEL AUXILIAR

FUENTE: Carta topográfica, escala  
1:50,000. Cetenal, 1975.

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑO: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

55

50

2145 000

445 000

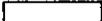
50

55

MAPA 6

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## TENENCIA DE LA TIERRA

-  PROPIEDAD PRIVADA
-  EJIDO
-  COMUNAL
-  ZONA URBANA
-  LIMITE DE PROPIEDAD

FUENTE: Instituto de Información e  
Investigación Geográfica,  
Estadística y Catastral del  
Estado de México. 1989

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑÓ: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

MAPA 7

55

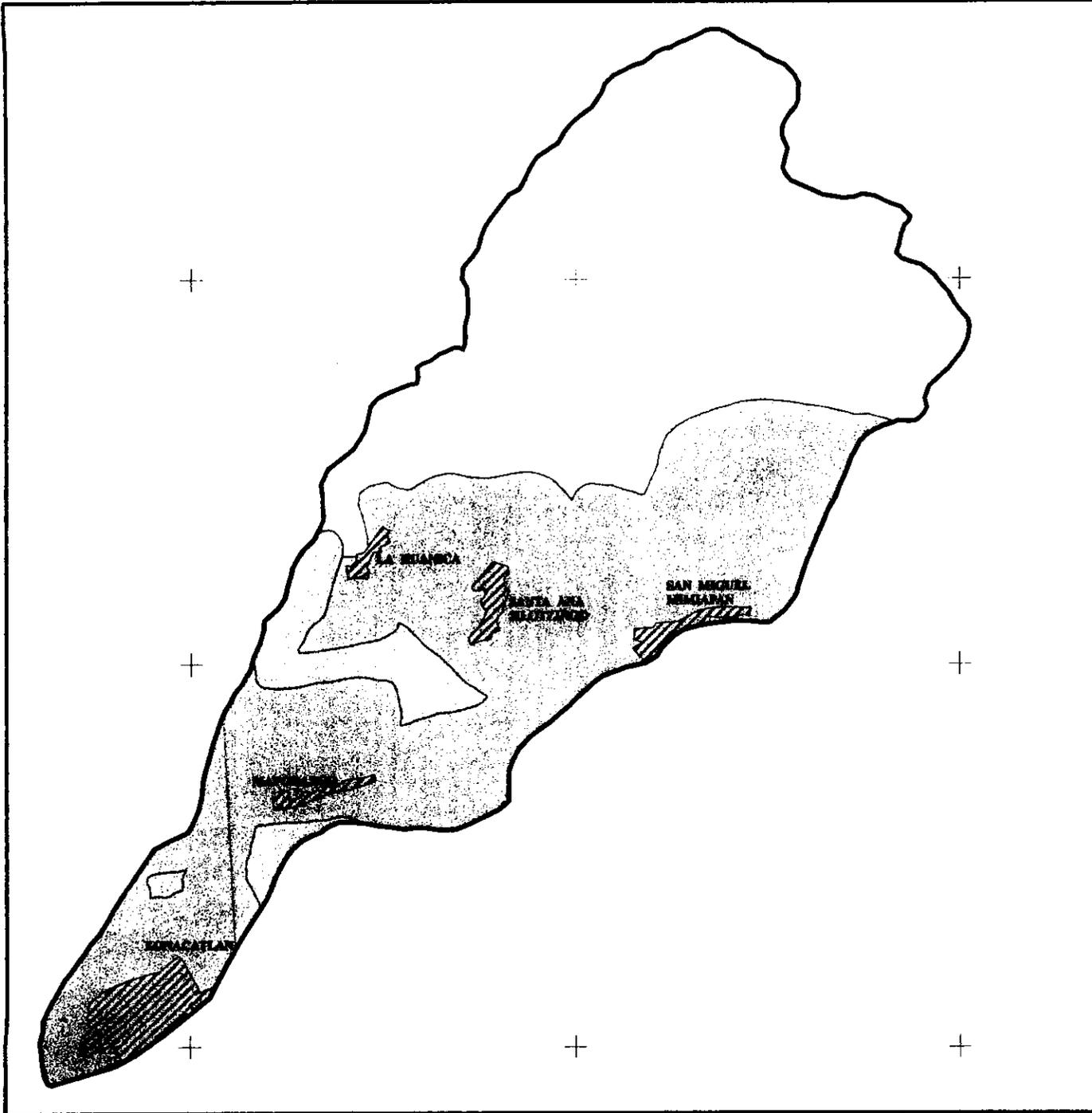
50

2145 000

445 000

50

55



De acuerdo al INEGI, para el período de 1980-1990 existe una gran dinámica poblacional en estas localidades, ya que presentan un decremento en su número total de población, a excepción de Mayorazgo y Xonacatlán, donde hay crecimiento debido a varios aspectos sociales, entre ellos el hecho de la cercanía con el Distrito Federal y la ciudad de Toluca y su accesible red carretera que las comunica con estas dos grandes ciudades, por la posibilidad de adquirir un mejor empleo y por lo tanto una mejor calidad de vida, lo cual se ve reflejado en el abandono de las tierras, ya que para el año de 1980, el INEGI reporta que más del 40% de la población ocupada se dedicaba a las actividades primarias y para el siguiente censo (1990), el decremento fue de hasta 3 veces; este fenómeno es originado por la baja producción obtenida ya que la mayoría de la agricultura es de temporal, con rendimientos de 1.3 a 3 t/ha, para maíz, que es el cultivo dominante.

Otra gran problemática que presentan las localidades es el alto nivel de analfabetismo; por ejemplo, Santa Ana Jilotzingo presentó casi el 30% del total de su población para 1980 (datos del INEGI) y aunque para 1990 disminuyeron los porcentajes, estos siguen siendo elevados ya que se conserva del 20.6%.

En el caso particular de Xonacatlán sus características son distintas ya que es la cabecera del municipio del mismo nombre; por lo tanto, presenta un mayor número de población por el hecho de contar con más y mejores servicios, dando pie a empleos y mejores niveles de vida, esto se ve reflejado en su nivel de analfabetismo (4.9% en 1990, INEGI); su porcentaje de población dedicada a las actividades primarias, ha sido bajo desde 1980 y disminuyó aún más en la década de los 90 (Cuadro 9).

Cuadro 9. Porcentaje de población dedicada a actividades primarias

	POBLACION TOTAL		POBLACION ANUALIZADA		PDA		POBLACION EN EL SECTOR PRIMARIO	
	1980 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1980 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1980 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>	1980 <sup>1</sup>	1990 <sup>2</sup>
La Huanica	1058	812	24.4%	15.0%	290	169	43.8%	12.2%
Mayorazgo	1148	1479	13.4%	8.7%	402	388	40.6%	24.3%
Sta. Ana Jilotzingo	4586	3611	29.9%	20.6%	1498	884	47.7%	15.4%
Sn. Miguel Mimiapan	940	453	11.4%	9.7%	294	136	42.12%	14.5%
Xonacatlán	7955	13078	9.33%	5.8%	2411	3470	47.6%	27.9%

Fuente: <sup>1</sup> Censo General de Población y Vivienda 1980, INEGI.<sup>2</sup> Censo General de Población y Vivienda 1990, INEGI.

Es evidente la gran diversidad que presentan las poblaciones aledañas a las cabeceras municipales, debido a la centralización de los servicios, como puede observarse en el cuadro anterior.

### 3. METODOLOGÍA

Los procesos metodológicos utilizados para el desarrollo del presente trabajo fueron: el levantamiento de suelo propuesto por el Instituto Geográfico "Agustín Codazzi", Colombia, elaborado por: Elbersen, Benavides y Botero en 1974, revisado y actualizado por Villota y Forero en 1986 y adaptado a las condiciones de la zona en estudio; para el levantamiento de cobertura del terreno y uso del suelo se basó en la propuesta de Vargas (1988); para la clasificación de la capacidad de uso se siguió la metodología generada en INEGI por Duch, Bayona y Labra 1989.

#### 3.1 Levantamiento de suelos

El levantamiento general de suelo se realizó con una intensidad de observaciones relativamente baja ya que las características fisiográficas de la cuenca del Río Mayorazgo presentan zonas planas, onduladas, de escaso y difícil acceso, así como zonas montañosas.

##### 3.1.1 Especificaciones.

Cuadro 10: Especificaciones Generales para el Levantamiento de Suelos

<b>Nivel de generalización fisiográfica</b>	<b>Paisaje</b>
Nivel de generalización taxonómica	Conjunto a nivel Gran Grupo
Unidades de mapeo	Asociación, consociación, área miscelánea, disociación, etc.
Método de mapeo	Fotointerpretación con comprobaciones en transectos y muestreo libre
Estructura de la leyenda	Fisiográfico-edáfica
Densidad de observaciones	Un perfil detallado por cada cambio de paisaje o por cada cambio notable de pendiente.
Escala de trabajo	1:20,000
Escala de publicación	1:70,000

### 3.1.2 Requisitos

Se contó con fotografías aéreas blanco y negro, escala 1: 20,000 vuelo S.E.C.T.E. de abril de 1989, Villa del Carbón, R-25, que incluye las siguientes líneas:

Línea 6 fotografías (37-43)

Línea 7 fotografías (34-43)

Línea 9 fotografías (5-12)

Línea 10 fotografías (14-18)

Para la cobertura total de la zona se contó con cartografía temática de Edafología, Geológica y Uso de Suelo, así como la carta Topográfica escala 1:50,000, 1972; Toluca E-14-A38, Villa del Carbón E-14-A-28, INEGI.

Los trabajos para el levantamiento de suelos de la subcuenca del Río Mayorazgo se efectuaron en el orden de las siguientes etapas (los puntos especificados para cada fase del trabajo no son necesariamente consecutivos):

### 3.1.3 Fase preparatoria

La delimitación de la subcuenca del río Mayorazgo se llevó a cabo mediante el uso de las cartas topográficas y fotografías aéreas; la metodología empleada para esta fase fue la propuesta por Vargas, G., del Centro Interamericano de Fotointerpretación de Bogotá, Colombia 1979. La cartografía temática de la zona consistió en: el mapa pendientes, a través del método propuesto por Lugo 1991; la geomorfología se realizó con el análisis detallado de las fotografías aéreas y su posterior restitución; la hidrología, a través del mapa topográfico y verificación con ayuda de las fotografías aéreas; la litología y geología, a partir del análisis de las respectivas cartas del INEGI del nuevo mapa geológico de las cuencas México, Toluca y Puebla (1996); la estratigráfica y recursos minerales, del Estado de México (1993).

### 3.1.4 Fotointerpretación

Para elaborar el mosaico inicialmente se conformó el índice de vuelo, que cubrió la zona y así tener una primera idea de las características fisiográficas del área de trabajo. La interpretación de las fotografías aéreas permitió identificar los principales poblados, carreteras y vías de acceso, además de delimitar la subcuenca.

Se llevó a cabo el análisis fisiográfico de la zona de estudio separando primero grandes paisajes, paisajes y subpaisajes; a partir de esta información se elaboró la leyenda fisiográfica preliminar y con elementos detallados de los paisajes se elaboró el mapa geomorfológico de la zona; de manera alterna se hizo la descripción de la cobertura vegetal del área siguiendo la metodología recomendada en el manual para el uso de fotografías aéreas en dasonomía, obteniendo el mapa de uso actual de suelo.

#### *Definición de la leyenda fisiográfica preliminar y sitios de muestreo*

Una vez obtenida la información temática necesaria, se combinaron las capas de información a los rodales de las unidades fisiográficas con detalles de caminos, vías de acceso y poblados, se les sobrepuso la información geológica, litológica y de pendientes; con esta información (corema) y las fotografías aéreas se elaboró la leyenda fisiográfica preliminar y se trazaron tentativamente los transectos para la ubicación de las calicatas y se llevó a cabo un recorrido general de la zona, caracterizando los paisajes, verificando la fotointerpretación y validando la ubicación de las zonas de muestreo.

Al término de la verificación de campo, del análisis fisiográfico y corema se procedió a la ubicación definitiva de las calicatas a través de transectos, teniendo en cuenta que estuvieran representados todos los paisajes de la zona de

estudio para su posterior comprobación por muestreo libre. Los dos transectos planteados recorren el área en sentido norte-sur y este-oeste, abarcando así el gradiente altitudinal de la misma y las distintas unidades. Una vez trazados los transectos se procedió a ubicar los puntos de muestreo, considerando para ello los lugares más representativos de cada paisaje, así como su accesibilidad. Se realizaron diez observaciones detalladas ubicadas perpendicularmente a la línea de fotointerpretación; en la parte montañosa se realizaron observaciones en todas las posiciones (cima, laderas superiores e inferiores, rellenos, y base) del paisaje y, en cada cambio en la clase de pendiente, se elaboró simultáneamente la sección transversal correspondiente a cada transecto para establecer posteriormente la proporción de cada conjunto, su rango de características y el tipo de unidades de mapeo.

### 3.1.5 Fase de campo

Para las observaciones detalladas se requirió de la descripción de diez perfiles de suelo, a través de los rasgos morfológicos, por ser fácilmente observables y reflejar la acción de los procesos formadores del suelo. El estudio morfológico del suelo exige la apertura de una calicata, que es una excavación, uno de cuyos frentes tiene de 70 a 100 cm de ancho, su profundidad debe ser tal que permita llegar a comprender la organización del perfil con un todo, su génesis y respuesta frente a diversos usos.

Al abrir una calicata hay que aplicar criterios respetuosos con el suelo a rehabilitar, una vez acabado el estudio. Para ello el material de la parte superior, correspondiente al epipedón, se amontonará separadamente del resto, de forma que no se mezclen los materiales y al tapar la calicata se pueda reponer en su lugar y se rehabilite en lo posible el suelo. Para los suelos ubicados en ladera se estudia el perfil lateral en sentido de la ladera, de lo contrario se obtendrá la sensación de que los horizontes son aproximadamente horizontales.

Al iniciar el estudio de la calicata, es conveniente hacer una primera observación en los frentes y paredes laterales, con el fin de reconocer la posible variabilidad lateral. En este momento es preferible no limpiar las superficies, ya que la estructura se identifica mejor si el perfil ha tenido ocasión de secarse.

Posteriormente se procede a limpiar cuidadosamente el perfil con un cuchillo de monte y si se cree necesario se profundiza horizontalmente (Porta *et al.*, 1994).

Identificados los horizontes, se estudian detalladamente a partir de las características morfológicas que propone la guía para la descripción de perfiles de campo (Cuanalo, 1990).

Realizada la descripción se procede al muestreo de suelo por horizonte, las muestras se toman empezando por la base del perfil, las bolsas de plástico se etiquetan, anotando la referencia de la calicata y la profundidad del muestreo.

### 3.1.6 Fase de laboratorio

Las muestras de suelo fueron trasladadas al laboratorio para ser analizadas después de secadas a la sombra y tamizadas en malla de 2 mm de diámetro. Los análisis realizados fueron los siguientes (Cuadro 11):

Cuadro 11: Metodología de análisis de suelos

CARACTERÍSTICA	MÉTODO
Textura	Bouyocos
Densidad aparente	Probeta
Densidad real	Picnómetro
pH Agua- KCl 1:2.5	Electrométrico
NaF 1:50	Fieldes y Perrott
Color	Tablas Munsell
Alofano	Fieldes y Perrott
Materia orgánica	Walkley y Black
Cationes básicos intercambiables	Thomas, 1982
CIC	Wada y Okamura
Indice melánico	Honna <i>et al.</i> , 1987

Fuente: Domínguez, I. y Aguilera H. N. s/f. ICOMAND 1988

### 3.1.7 Fase de compilación de los mapas

En este apartado se incluye la clasificación taxonómica de los perfiles de suelos, la transferencia de los límites de suelos al mapa base y la elaboración de la leyenda fisiográfica-edafológica definitiva.

#### 3.1.7.1 Clasificación taxonómica de los perfiles

Se realizó la clasificación taxonómica de los 10 perfiles, considerando su descripción morfológica así como los análisis de laboratorio y siguiendo el sistema taxonómico del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Soil Survey Staff, 1994; se trabajó a nivel de Gran Grupo.

#### 3.1.7.2 Restitución cartográfica.

Terminada la fotointerpretación y verificación en campo, se procedió a restituir la información de límites, símbolos y observaciones, la cual implicó la conversión de la proyección central de la fotografía aérea a la proyección ortogonal del mapa con los debidos ajustes de escala y posición. Mediante restitución semidetallada se obtuvieron los mapas de suelo, geomorfología y cobertura vegetal.

#### 3.1.7.3 Leyenda fisiográfica-edafológica definitiva

Con la información taxonómica por cada unidad de mapeo se completó la leyenda fisiográfica; con la cartografía ya digitalizada se calculó automáticamente la superficie de cada unidad mapeada y se estimó la proporción que cubre dentro de la subcuenca. Con todo ello se estableció la leyenda fisiográfica-edafológica definitiva.

### 3.2 Levantamiento de cobertura del terreno y uso del suelo

Para obtener la actualización de uso de suelo de la zona se siguió la metodología recomendada en el Manual para el uso de las fotografías aéreas en dasonomía, que considera los elementos cuantitativos de fotointerpretación, como tono, color, sombra y textura, rodalizado por la delimitación de características homogéneas, formando grupos de diferentes coberturas en porcentaje.

### 3.3 Capacidad de uso del suelo

Se elaboró una matriz de clases de terrenos con los factores limitantes, mediante la cual se calificaron las diferentes unidades de suelo, se obtuvo su clasificación y se sugieren recomendaciones de uso y prácticas de manejo, de acuerdo a los factores que limitan (Cuadro 12).

Cuadro 12: Parámetros para definir distintas clases de tierras

Características	Clases Arables				Clases no arables			
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Pendiente (P)	0 - 3 %	3 - 7 %	12 - 25 %	12 - 25 %	7 - 12 %	12 - 25 %	+ 50 %	Cualquiera
Erosión (E)	No hay	Hasta moderada	Hasta moderada	Hasta moderada	No hay	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Profundidad (T)	+90 cm	+ 60 cm	+ 30 cm	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Textura (H)	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Equilibrada	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Rocosisidad (R)	No hay	- 2%	- 10%	- 25%	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera
Encharcamiento (W)	No hay	Hasta estacional	Hasta estacional	Hasta estacional	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera

### 3.4 Banco de datos

La digitalización de los mapas se realizó de tal manera que puedan ser integrados a un SIG en formato vectorial, en el cual la información es más compacta en cuanto al volumen de almacenamiento que se necesita; la topología está descrita más completa y explícitamente ya que ciertas operaciones de análisis espacial son

más sencillas y rápidas de realizar. Estas ventajas se consiguen a partir de una organización de los datos muy compleja y que determina cálculos largos y complicados, muy laboriosos de realizar.

La cartografía se digitalizó con AUTOCAD versión 14, para referenciar geográficamente la información, pero no contempla las relaciones topológicas necesarias para un SIG; sin embargo, en este trabajo se generó información base para un SIG. En formato de intercambio DXF que hace factible su procesamiento y manipulación en software especializado de análisis espacial.

La edición cartográfica se realizó en Corel Draw versión 9. Las cartas elaboradas fueron: Topografía, Geología, Litología, Hidrología, Geomorfología, Pendientes, Uso del Suelo y Vegetación, Tenencia de la Tierra, Capacidad de Uso del Suelo y el mapa de Suelos, producto del levantamiento.

Se utilizó como marco de referencia el sistema de coordenadas UTM. El procedimiento consistió en digitalizar en formato vector, verificar que los segmentos estuvieran cerrados y generar polígonos; la edición consistió en nombrar y colorear polígonos y la superficie de cada unidad. Todos los mapas se capturaron en escala 1:20,000 y se editaron en escala 1:70,000.

Para los resultados de características físicas y químicas de las muestras de suelo se capturó en Excel, para posteriormente ser transformados a formato DBF.

## 4 DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 4.1 Uso del suelo y vegetación

Se actualizó el mapa de uso de suelo y vegetación (Mapa 8) por interpretación de fotografías aéreas de 1989, donde se obtuvieron las unidades de uso de suelo agrícola, forestal y urbano. El Cuadro 13 resume el porcentaje de cobertura y el uso del suelo de la subcuenca del Río Mayorazgo, Estado de México.

Cuadro 13: Uso del suelo y vegetación

USO DEL SUELO	COBERTURA	AREA km <sup>2</sup>
Bosque oyamel-pino	85 – 100%	15.27
Bosque de pino, aile	65 – 85%	2.33
Pino-matorral inerme	25 – 65 %	10.63
Vegetación secundaria de matorral inerme y pastizal	5 – 25 %	4.01
Descubierto área fuertemente erosionada	+ 5%	4.88
Agricultura de temporal permanente con agricultura de riego anual (maíz)		20.36

### 4.2 Leyenda fisiográfica–edáfica

El análisis detallado de la fisiografía, geomorfología y climatología de la zona permitió separar tres grandes paisajes para la subcuenca del río Mayorazgo:

**SSH1. Unidad de montaña volcánica denudativa del Plioceno.**

**TSH1. Unidad de piedemonte disectada en interfluvios, Pleistoceno, Plioceno y Holoceno.**

**TSH2. Unidad planicie del Cuaternario.**

El análisis de cada gran paisaje permitió diferenciar los paisajes que lo componen: en el primer gran paisaje, SSH1, se identificó un solo paisaje compuesto a su vez por diferentes rasgos, que se tradujo en una sola unidad de mapeo de suelos; en el segundo, TSH1, se encontraron tres paisajes con diferentes rasgos de inclinación de laderas y niveles de erosión diferentes, dando tres unidades de

mapeo diferentes; y el tercer gran paisaje, TSH2, se constituyó en un solo paisaje y unidad de mapeo, sumando en total cinco unidades de mapeo de suelos, de las cuales tres son asociaciones, una disociación con intercalación de un grupo misceláneo, y una consociación, como se puede apreciar en el Cuadro 14, de leyenda fisiográfica edáfica y Mapa 9, Unidades de suelo.

A continuación se describen las unidades de mapeo de suelos, iniciando con los rasgos principales que lo componen, las condiciones climáticas más sobresalientes, las características del paisaje, hidrología superficial, vegetación y uso actual.

**SSH1.-** La unidad de montaña volcánica denudativa del Plioceno constituye una serie de volcanes erosivos del Mioceno, con laderas constituidas por derrames de lava de composición andesítica y dacítica del Plioceno, que a su vez forman pequeños valles; debido a la alta permeabilidad de los materiales que la componen se han desarrollado pocas corrientes superficiales, por lo que la mayor cantidad de agua que precipita en la zona recarga los mantos acuíferos. Esta unidad presenta clima semifrío subhúmedo con lluvias en verano, coeficiente de precipitación y temperatura (p/t) mayor a 55.0 en el verano, con porcentaje de lluvia invernal de 5 a 10.2 y oscilación térmica de 4.1 °C, lo que da un régimen de humedad údico. Esta unidad consta de tres diferentes rasgos del relieve: laderas andesíticas cóncavo-convexas, laderas rectas cóncavas y valles intramontanos.

El sistema de montaña de laderas cóncavo-convexas se caracteriza por tener pendientes que van de 12 a 25%, vegetación dominante de pastizales, algunos pinos y matorral inerme. La zona se encuentra afectada por erosión hídrica moderada, que se acentúa en la convergencia de arroyos intermitentes que forman valles intramontanos, donde afloran manantiales y nacen los arroyos Bernal y Valdés, que al unirse aguas abajo dan origen al río Mayorazgo. A este conjunto se le denomina "Arco iris" y está representado por el perfil 8.

## LEYENDA FIOGRAFICA EDÁFICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO MAYORAZGO, AFLUENTE DEL RÍO LERMA ESTADO DE MÉXICO

UNIDAD FIOGRAFICA	UNIDAD CLIMÁTICA	GRAN PAISAJE	PAISAJE	UNIDAD DE MAPEO	CONJUNTO	UNIDAD TAXONÓMICA	USO DEL SUELO
EJE NEOVOLCÁNICO TRANSVERSAL (CENOZOICO SUPERIOR)	SEMIFRÍO SUB HÚMEDO SSH	MONTAÑAS VOLCÁNICAS SSH1	Laderas andesíticas y valles intramontanos del Plioceno	Asociación	Arco iris  Potrero	Melanudand (+) Haplustand (+) Ustorthent*	Pino - oyamel Pastizales, Pino - encino - oyamel
LAGOS Y VOLCANES DE ANÁHUAC	TEMPLADO SUB HÚMEDO TSH	PIEDEMONTE DISECTADO TSH1	Lomeríos volcánicos (extrusiva intermedia) (Pleistoceno y Holoceno) TSH 1.1	Asociación	Mimiapan I  Mimiapan II	Haplustand  (-) Haplumbrep/taptic ustalf	Agricultura de temporal  Agricultura de temporal, Huerta de frutales
			Lomeríos de tobas (Pleistoceno y Plioceno) TSH 1.2	Asociación	Panteón  Xonacatlán	Paleustalf (-) Haplustalf	Agricultura de temporal, Huerta de frutales
			Lomeríos de flujo de lahares y piroclastos (Pleistoceno tardío y Holoceno) TSH 1.3	Disociación grupo misceláneo o grupo(+) indiferenciado	Mayorazgo I  Mayorazgo II	Haplustalf (+) Argiustoli (+) Miscelánea erosiva	Agricultura de temporal y riego
			PLANICIE ALUVIAL TSH2	Consociación	Xonacatlán	Haplustalf	Agricultura de temporal, riego y zona urbana
SIERRA DE LAS CRUCES (FIN DEL MIOGENO)			Llanura aluvial del Cuaternario TSH 2.1				

\*Inclusió

## SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

### USO DE SUELO Y VEGETACIÓN

-  85-100 % Oyamel-Pino  
(Cerrada)
-  65-85 % Pino y Aile  
(Semi cerrada)
-  25-65 % Pino-Matorral  
inerte (Semi abierta)
-  5-25 % Vegetación sec.  
Matorral inerte  
con pastizal (Abierta)
-  Agricultura de temporal  
permanente con agric. de  
riego anual
-  Menos del 5 %  
Erosión Hídrica fuerte
-  Zona Urbana

FUENTE: Fotografías aéreas.  
IGCEM, 1989.

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑÓ: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



KILÓMETROS

JULIO DE 2000

55

50

2145 000

445 000

50

55

MAPA 8

# SUBCUENCA RÍO MAYORAZGO

## UNIDADES DE SUELO

-  Melanudand + Haplustand  
+ Ustorthent
-  Haplustand  
- Haplumbrept/taptic- ustalf
-  Paleustalf - Haplustalf
-  Haplustalf + Argiustoll  
+ Miscelánea erosiva
-  Haplustalf

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑO: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

MAPA 9

55

50

21 45 000

4 45 000

50

55

El segundo rasgo corresponde a valles intramontanos acumulativo-erosivos ubicados en el conjunto Potrero, perfil 7, con pendientes que van de 7 a 12 %; en estos valles se encuentran grandes rocas andesíticas afectadas en su superficie por el intemperismo, la vegetación dominante son pastizales con vegetación secundaria y matorral inerme, se aprovecha para la engorda de ganado vacuno y se aprovecha el agua de un manantial para la siembra de trucha "arco iris".

El tercer rasgo corresponde a laderas rectas y cóncavas, con ligera erosión hídrica laminar y moderada erosión en surcos, las pendientes van de 25 a 50 %, la vegetación dominante son pinos, encinos y oyamel; dentro de este mismo subpaisaje existen laderas cóncavo-convexas, abiertas a la agricultura de temporal con pendientes que van de 12 a 25%, lo que provoca una erosión hídrica laminar moderada, estas condiciones de agricultura se encuentran en pequeñas áreas aisladas. En este sistema se ubicaron los perfiles 2 y 3.

En la unidad de montaña volcánica se ubicaron cuatro perfiles (2, 3, 7 y 8) con su correspondiente descripción morfológica y caracterización físico-química, tres en las laderas y otro para los valles, correspondiendo a la asociación de suelos Arco iris-Potrero, clasificados como Melanudand, Hapludand y una inclusión de Ustorthent.

El proceso de formación del epipedón melánico, de acuerdo con Shoji, Dahlgren y Nanzyo (1993), es muy rápido ya que tiene como material parental ceniza volcánica de aproximadamente 1000 a 10000 años, la cual, bajo condiciones údicas se comporta en forma única. El proceso principal es de hidrólisis que intemperiza la ceniza volcánica a materiales no alofaníticos y tienen una fracción arcilla dominada por minerales cloritizados 2:1. Estos suelos presentan un oscurecimiento provocado por una humificación especialmente acentuada, que se forma a partir de la acumulación de grandes cantidades de residuos de raíces de vegetación de gramíneas, donde tienen lugar las reacciones químicas de oxidación, condensación y polimerización, procesos biológicos y de síntesis

microbiana, con formación de compuestos de bajo y alto peso molecular. Existen procesos de humificación intensos; de compuestos orgánicos sencillos a sustancias húmicas y de humificación lenta, de biomasa a sustancias húmicas, principalmente ácidos húmicos del tipo A donde para los epipedones de los perfiles 7 y 8 la medición del pH en NaF propuesta por Fieldes y Perrott ICOMAND (1988) a los dos minutos fue de 11.54 y 11.33, respectivamente. Valera, 1994, da una correspondencia entre la concentración de aluminio activo y el aumento del valor del pH, así mismo, los índices melánicos para los mismos epipedones fueron de 1.48 y 1.51, respectivamente y de acuerdo a ICOMAND, 1988, valores por debajo de 1.65 de índice melánico son usados como criterio para andosoles melánicos. En el Cuadro 15 se dan los rangos de variación de los Melanudand; como ejemplo modal de un Melanudand se da la morfología del perfil N° 8

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 8

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (7) 36 Abril 89- 1:20,000
Conjunto	Manantiales Arco Iris
Uso de suelo	Pradera con gramíneas
Altitud	3200 m
Pendiente	25 %
Terreno circundante	Escarpado
Drenaje	Bueno
Material parental	Andesita
Erosión	Hídrica
Posición fisiográfica	Laderas andesíticas
Clasificación	Melanudand
Observador y fecha	P. Mireles, abril 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
00 – 05 cm A <sub>11</sub>	Franco arenoso; negro (7.5YR 2/0); grumoso débilmente desarrollado, ligeramente duro, no adhesivo, no plástico; poros finos numerosos; raíces finas delgadas extremadamente abundante; presencia de gallina ciega; pH 5.1; límite tenue ondulado.
05 – 14 cm AB	Franco arenoso; negro (7.5YR 2/0); poliédrico angular, ligeramente duro, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros finos abundantes; raíces medianas abundantes; pH 4.1; límite tenue ondulado.
14 – 30 cm Bw <sub>22</sub>	Franco arenoso; negro (7.5YR 2/0); poliédrico angular, friable adhesivo, plástico; poros finos numerosos; raíces finas abundantes; pH 5.3; límite tenue ondulado.
30 – 50 cm Bw <sub>23</sub>	Franco arenoso; negro (7.5YR 2/0); poliédrico angular, friable; ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros finos abundantes; raíces finas abundantes; pH 4.1.

Cuadro 15: Rango de variación de las calicatas 7 y 8 de los Melanudand

Hor.	Prof.	PH KCl 1:2.5	% M.O.	% C	Textura	% Arcilla	CIC cmol/kg	Índice Melánico
A11	0-5/7	4.9-5.1	>6	>6	Franco arenoso	4.4	40.89	1.48-1.51
Bw1	5/7-14/29	4.1-5.3	>6	>6	Franco arenoso	4.4 - 6.4	56.87-68.16	
Bw2	14/29-30/37	5.3-6.7	>6	3.7>6	Franco arenoso	4.4 - 6.4	45.15-65.39	
Bw3	30/37-50/55	4.6-5.9	2.9>6	1.7>6	Franco arenoso	2.4	26.41-45.25	
BC	50/55-65	5.9	1.4	0.8	Arena	4.4	19.17	

Para el grupo Hapludand se tienen los perfiles 2 y 3 con los siguientes rangos de variación (Cuadro16).

Cuadro 16: Rango de variación de los perfiles 2 y 3

Hor.	Prof. cm	PH KCl 1:2.5	%M.O.	% C	Textura	% Arcilla	CIC cmol/kg
Oi	6-0	5.8	>6	>6		9.6-12.4	51.76-77.1
A11	0-14/19	5.8-6.5	5.8-11.4	6.6-3.3	Franco	9.6-12.4	42.6-68.16
A12-A12A13	14/49-49/54	6.0-7.2	3.8-7.1	2.2-4.1	Franco- franco arenoso	10.0-13.6	42.18-48.77
Bw21	49/54-57/70	5.8-7.2	3.8-	2.2	Franco arenoso	9.6-16.0	34.72-50.9
Bw22	57/70-84/95	6.7-7.2	3.6-3.7	2.0-2.1	Franco arenoso	9.6-18.0	26.39-37.06
BC	84/95-104/124	6.4-7.3	1.0-3.7	0.5-2.1	Mugajón arenoso		

Ejemplo de los Hapludand es el perfil número 3, que presenta en su superficie acumulación de materia orgánica poco descompuesta ya que presenta más del 40% de fibras completas, principalmente musgos y fascículas de oyamel (Oi) que descansa sobre un horizonte A11 de 14 cm de espesor, de color gris muy oscuro con alto contenido de materia orgánica, con procesos de humificación y mineralización; este horizonte de estructura granular cambia a los horizontes A12 y A13, estructura de bloques subangulares de color pardo oscuro, el contenido de arcilla es muy bajo, 9.6%, predominando la presencia de arena que va de 60.0 a 64.4%. El proceso principal de estos suelos es la andosolización que incluye humificación con acentuada melanización, la cual es factible al encontrarse dentro de un régimen de humedad údico, donde las cenizas volcánicas inicialmente se intemperizan a palagonita amarilla; se presume que este material es un aluminio-silicato amorfo que contiene calcio, magnesio y potasio, que cambia rápidamente a alofano; después de la hidrólisis se forman también óxidos amorfos

microcristalinos de hierro y aluminio que están distribuidos en el suelo con bastante uniformidad. El contenido de materia orgánica decrece a través del perfil de 5.8 % a 3.7 %, la capacidad de intercambio catiónico es elevada, de 77 cmol/ Kg y decrece hasta 26.3 cmol / Kg el espacio poroso como en todos los horizontes es elevado de 62 al 66.5.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 3

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R 25 (7) 38, abril 89 – 1: 20,000
Conjunto	Potrero I
Uso de Suelo	Bosque
Altitud	3300 m
Pendiente	12-25%
Terreno circundante	Montaña
Drenaje	Bien drenado
Material parental	Andesita
Erosión	Hídrica en surcos antrópico provocado por el arrastre de madera.
Posición fisiográfica	Laderas andesíticas del Mioceno
Clasificación	Hapludand
Observador y fecha	P. Mireles, J. López. abril 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
6 – 00 cm Oi	Abundantes fibras en proceso de descomposición, abundantes fascículas de oyamel, musgos, muy poroso.
00 – 14 cm A <sub>11</sub>	Franco; (5YR 3/2); granular medio, moderadamente desarrollado; friable, no adhesivo, ligeramente plástico; abundantes poros finos dentro y fuera de los agregados; abundantes raíces finas y medias, pH 6.5; límite marcado.
14 – 24 cm A <sub>12</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloque granular medio débilmente desarrollado, ligeramente adhesivo y plástico; abundantes poros finos medianos dentro y fuera de los agregados; muy pocas gravas angulares 1cm, raíces delgadas y gruesas abundantes; pH 6.9; límite tenue.
24 – 49cm A <sub>13</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloque subangular muy débil, seco, suelto; friable, ligeramente adhesivo y plástico; poros finos y medios abundantes dentro y fuera de los agregados; pocas gravas semiredondeadas de 1cm, raíces finas abundantes; pH 7.2; límite tenue.
49 – 57 cm Bw <sub>21</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloque muy débilmente desarrollado; seco suelto, ligeramente adhesivo y plástico; abundantes poros finos dentro y fuera de los agregados; pocas gravas angulares de 3 mm, raíces muy gruesas medianas y finas abundantes; pH 7.2, límite tenue.
57 – 84 cm Bw <sub>22</sub>	Franco arenoso; (7.5YR 4/3); bloque subangular escasamente desarrollados, seco suelto, poco adhesivo ligeramente plástico; muy pocas gravas angulares 3 mm. poros finos abundantes; raíces medias y finas abundantes; pH 7.2; límite tenue.
84 – 124 cm CBw <sub>22</sub>	Franco arenoso; (7.5YR 3/3); sin estructura, seco suelto, no adhesivo, ligeramente plástico; poros finos abundantes; raíces muy gruesas y finas abundantes.

*TSH1, piedemonte disectado.* Esta zona se encuentra disectada por una serie de arroyos intermitentes con drenaje paralelo que convergen al oriente con el arroyo Valdés y al poniente con el Bernal que al unirse en la cota 2750 m dan origen al río Mayorazgo.

Por su origen litológico, geológico y geomorfológico, este gran paisaje se dividió en: lomeríos volcánicos extrusivos intermedios del Pleistoceno y Holoceno (TSH 1.1), lomeríos de tobas (TSH 1.2) de la misma edad y lomeríos de flujos de lahares del Pleistoceno tardío Holoceno (TSH 1.3).

TSH1.1 Los lomeríos con laderas de rocas volcánicas extrusivas intermedias, por su geomorfología se dividieron en lomeríos con laderas cóncavo-convexas y lomeríos con laderas rectas y convexas los cuales se encuentran dentro del ambiente climático templado subhúmedo, que corresponden a un régimen de humedad ústico donde se presenta erosión hídrica laminar, sobre todo en las laderas convexas; éstas tienen pendientes que van de 7 a 12%; con prácticas de la agricultura de temporal principalmente maíz y avena. Las laderas rectas tienen pendiente que va de 12 a 25%, conservan en su mayoría, vegetación de encino y pino; en esta zona afloran manantiales que abastecen a la comunidad de Mimiapan y el agua no utilizada por la población es encausada al arroyo Valdés.

La unidad de suelo de laderas rectas y convexas está representada por el conjunto Mimiapan I, perfil 10, el cual es un suelo Haplustand. Este suelo al igual que los anteriores es de origen volcánico; sin embargo, por encontrarse en un régimen de humedad ústico, el proceso de hidrólisis del material materno es mucho más lento que bajo el régimen de humedad údico, así mismo la humificación de la materia orgánica es menos notable, ya que no existen horizontes oscurecidos por la presencia de humus. A continuación se describen las características químicas del perfil 10, así como su morfología, en el cual la materia orgánica del horizonte Ap es de 3.5% y para los horizontes inferiores de

1.4 hasta 0.9; el color de los primeros 66 cm es pardo oscuro, correspondiente a los horizontes A11, AB, Bw1, Bw2 Bw3; textura franca, estructura de bloques angulares, friable, pH casi neutro de 6.7 y 6.8. La capacidad de intercambio catiónico es relativamente baja comparada con los andosoles údicos, con fluctuación de los 19.7 a los 25.29 cmol / Kg suelo.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 10

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (6) 42, abril 89- 1:20,000
Conjunto	Mimiapan
Uso de Suelo	Agrícola
Altitud	3100 m
Pendiente	12 – 25%
Terreno circundante	Lomerío
Drenaje	Bien drenado
Material parental	Ígnea extrusiva intermedia
Erosión	Hídrica laminar
Posición fisiográfica	Lomerío
Clasificación	Haplustand
Observador y fecha	P. Mireles, marzo 1998.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLOGICA
00 – 12 cm Ap	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3); sin estructura (recién arado); suelto ligeramente adhesivo, y ligeramente plástico; abundantes microporos, escasas raíces finas; pH 6.4; límite tenue.
12 – 17 cm A <sub>11</sub>	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3); pequeños bloques angulares, friable ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; abundantes microporos dentro de los agregados, raíces escasas; pH 6.0; límite tenue.
17 – 32 cm AB	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3); bloques angulares, friable, ligeramente adhesivo y ligeramente plástico; poros tubulares pequeños, dentro de los agregados; raíces finas y escasas; pH 6.1; límite tenue.
32 – 51 cm B <sub>21</sub>	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3); bloques angulares; friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros medios y finos tubulares dentro de los agregados; raíces finas escasas, presencia de lombrices; pH 6.5; límite tenue.
51 – 60 cm B <sub>22</sub>	Franco; pardo oscuro (10YR 3/3); bloques angulares; friable, ligeramente adhesivo y plástico; poros medios y finos tubulares dentro de los agregados; raíces escasas; pH 6.1; límite tenue.
60 – 66 cm BC	Franco; pardo oscuro (10 YR 3/3); bloques angulares, friable, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros finos tubulares dentro y fuera de los agregados; raíces escasas muy finas; pH 6.0; límite tenue.
66 - 88 cm CB	Franco arenoso; pardo oscuro (10YR 3/3); poliédrico angular, friable, ligeramente plástico, poros finos tubulares abundantes dentro de los agregados; raíces medias abundantes, lombrices, pH 6.0.

En los lomeríos con laderas cóncavo-convexas existe erosión hídrica laminar y en cárcavas. En las laderas cóncavas la acción del agua sobre el suelo es menos drástica debido a su dinámica acumulativa erosiva. En ambas laderas el cultivo que predomina es maíz de temporal. Existen pequeñas huertas frutales, por lo general ocupando los solares de las casas; esta unidad está representada por el conjunto Mimiapan II, perfil 9 y corresponde al Haplumbrept/taptic ustalf. El proceso de formación de este suelo fue en dos momentos diferentes, se tiene un Ustalf que se desarrolló en ambiente templado subhúmedo, sobre una superficie que ha sido estable y relativamente libre de perturbaciones edafológicas y erosión; existe una moderada capa de arcilla de acumulación en el subsuelo en cantidades suficientes para producir un horizonte arcilloso, resultado de los efectos de iluviación de arcilla, esta arcilla se hereda en gran parte del material inicial o se intemperiza in situ, sobre éste se depositaron materiales nuevos que dieron origen a un Haplumbrept, en el cual participan todos los procesos edafogenéticos en forma activa sin que predomine ninguno de ellos (Buol et al., 1983).

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 9

Fotografía Aérea	La Marquesa R-22 (1), 17 abril 89- 1:20,000
Conjunto	San Francisco Mimiapan
Uso de Suelo	Bosque encino y pino
Altitud	2800 m
Pendiente	12 - 25%
Terreno circundante	Escarpado
Drenaje	Bueno
Material parental	Toba
Erosión	Hídrica en surcos
Posición fisiográfica	Lomerios
Clasificación	Psammentic Haplumbrept
Observador y fecha	P. Mireles, mayo 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
00 – 20 cm A <sub>11</sub>	Franco; pardo oscuro (7.5YR 3/3); granular bien desarrollado, blando no adhesivo; ligeramente plástico; poros finos frecuentes; raíces abundantes finas y delgadas, existen lombrices; pH 6.3; límite tenue horizontal.
20 – 37 cm A <sub>12</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/3); bloque angular blando, no adhesivo plástico; poros finos numerosos; raíces delgadas y medias; pocas; pH 6.4; límite tenue horizontal.
37 – 55cm 1CA	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/4); bloque angular; blando no adhesivo plástico; poros finos medianos pocos; pocas raíces delgadas y medias; pH 6.5; límite tenue horizontal.
55 – 80 cm 1C <sub>1</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/3); bloque angular ligeramente duro no adhesivo, ligeramente plástico; poros finos medios pocos; raíces finas delgadas comunes; existen coleopteros; pH 6.5; límite tenue horizontal.
80 – 90 cm 1C <sub>2</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/3); bloques angulares bien desarrollados; ligeramente duro, ligeramente adhesivo y plástico; poros finos medianos gruesos y pocos; raíces finas y pocas; existen coleopteros; pH 6.8; límite tenue horizontal.
90 – 125 cm 2 A 1C	Franco arenoso, pardo oscuro ( 7.5 YR 3/3); bloques angulares bien desarrollados; duro muy adhesivo, muy plástico; presencia de argilanes; poros finos tubulares frecuentes; raíces finas y pocas; pH 7.2; límite tenue horizontal.
125 – 150 cm 2Bt	Franco arcillo arenoso; pardo oscuro ( 7. 5 YR 4/4); bloques angulares fuertemente desarrollado; muy duro, muy adhesivo, muy plástico, presencia de argilanes; poros finos tubulares pocos; pocas raíces delgadas; pH 7.2; límite tenue horizontal.
150 – 190 cm 2C	Franco; pardo oscuro (7.5YR 3/4); bloques angulares fuertemente desarrollados; muy duro, muy adhesivo, muy plástico; existen argilanes; muy pocos poros finos y tubulares; raíces escasas medias; pH 6.8.

**TSH1.2.-** El segundo paisaje corresponde a lomeríos con tobas del Pleistoceno y Plioceno, abiertas a la agricultura de temporal; el cultivo predominante es el maíz y huertas de frutales (ciruelo, manzano, peral), sobre pendientes que van desde el 3% a 25%, el clima de esta zona es templado subhúmedo con lluvias en el verano; la disección del paisaje es por corrientes intermitentes paralelas que vierten sus aguas al arroyo Bernal y otras más siguen sus cauces y se inserta directamente en el río Mayorazgo; para el estudio de estos lomeríos se dividieron en cuatro subpaisajes, de acuerdo a la forma de sus laderas: laderas convexas, laderas rectas convexas tendidas, valles pequeños (barrancos), laderas convexas tendidas. Los dos primeros paisajes están representados por el conjunto "panteón" y corresponde a la unidad taxonómica Paleoustalf. Este suelo se formó bajo los mismos procesos descritos para el Ustalf, en este suelo se denota la presencia de un horizonte superior arcilloso con argilanes, que es la evidencia de la eluviación de arcilla fina, del horizonte A al B, a través de la infiltración del agua. Se da la descripción morfológica del perfil 6.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 6

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (6) 41, abril 89- 1:20,000
Conjunto	Panteón
Uso de Suelo	Descanso, gramíneas, agaves, labiadas
Altitud	2600 m
Pendiente	13 %
Terreno circundante	Ondulado
Erosión	Hídrica en surcos
Drenaje	Bueno
Material parental	Toba
Posición fisiográfica	Lomerío
Clasificación	Paleustalf
Observador y fecha	P. Mireles, febrero 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLOGICA
00 – 25 cm A <sub>11</sub>	Arcillo-arenoso; pardo (7.5YR 3/2); bloques angulares moderadamente desarrollados, nódulos de Fe y Si; adhesivo, ligeramente plástico; poros pequeños tubulares y frecuentes; raíces muy finas medianas y abundantes, arañas, nido de tuza; pH 5.1; límite marcado horizontal.
25 – 35 cm A <sub>12</sub>	Franco arenoso; pardo muy oscuro (10YR 2/2); bloques angulares moderadamente desarrollados, duro ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; nódulos de Fe y Si; poros medios tubulares y frecuentes; raíces finas abundantes; existen arañas, pH 5.1; límite tenue horizontal.
35 – 65 cm A <sub>13</sub>	Franco areno arcillosos; pardo oscuro (7.5YR 3/3); bloques angulares moderadamente desarrollados; duro, ligeramente adhesivo ligeramente plástico; cutanes de Si, poros finos y frecuentes; raíces delgadas y medias abundantes; pH 5.2; límite tenue horizontal.
65 – 85 cm Bw <sub>21</sub>	Franco arenoso, pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloque angular; moderadamente desarrollado, friable ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; nódulos de Si; poros medianos tubulares y frecuentes; raíces delgadas comunes; pH 4.9, límite marcado horizontal.
85 – 105 cm Bw <sub>22</sub>	Franco arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloques angulares moderadamente desarrollados; friable ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros tubulares medianos escasos, raíces medianas y delgadas comunes; pH 5.3; límite marcado horizontal.
105 – 125 cm Bt <sub>1</sub>	Franco arcilloso; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); bloques angulares, duro plástico y adhesivo; poros tubulares medianos, raíces medianas y pocas; pH 6.6; límite marcado.
125 – 195 cm Bt <sub>2</sub>	Arcilloso, pardo amarillento oscuro (10YR 3/6); ; grandes bloques angulares fuertemente desarrollados, extremadamente duro muy plástico, muy adhesivo, nódulos de Fe y Si; poros tubulares medianos pocos; existen argilanes; raíces gruesas y medianas pocas, pH 6.4.

Las laderas convexas tendidas, se tiene la misma unidad de suelos que para el conjunto Xonacatlán que corresponde a los Haplustalf que se describen en el paisaje correspondiente.

Por estar constituido este paisaje por dos unidades taxonómicas diferentes conforman una asociación.

TSH1.3 Se trata de un paisaje de lomeríos con flujo de lahares y piroclastos del Pleistoceno tardío-Holoceno. Al igual que la anterior, se trata de interfluvios asimétricos; por lo tanto, su dinámica es compleja; las pendientes dominantes son de 3 al 7%, con pequeñas zonas que van de 12 al 25%, el uso de suelo es agrícola, urbano y una pequeña zona industrial. La disección de este paisaje está dada por corrientes intermitentes en horquilla que convergen sus aguas en el río Mayorazgo, ya que es en esta unidad donde se unen los arroyos Valdés y Bernal para formar el río Mayorazgo. Para su estudio se divide en: laderas rectas cóncavo-convexas, laderas convexas fuertemente erosionadas, laderas rectas con vegetación nativa y laderas rectas con cultivo de temporal.

Las laderas rectas cóncavo-convexas sustentan cultivos de temporal, básicamente maíz y avena; están representadas por el conjunto Mayorazgo I, que corresponde a un Haplustalf, el proceso de formación para este suelo es el mismo que de los Udalfs ya descrito. A continuación se describe la morfología del perfil 5.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 5

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (6) 42 Abril 89- 1:20,000
Conjunto	Entre Xonacatlán y Mayorazgo
Uso de Suelo	Agricultura de riego (maíz)
Altitud	2600 m
Pendiente	1%
Terreno circundante	Plano
Drenaje	Bueno
Material parental	Aluvión
Erosión	Ligera
Posición fisiográfica	Lomeríos
Clasificación	Haplustalf
Observador y fecha	P. Mireles, febrero 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
00 – 15 cm Ap	Franco arcilloso; pardo grisáceo muy oscuro (10YR 3/2); poliédrico angular moderado, firme ligeramente adhesivo, plástico; poros finos numerosos; raíces finas delgadas y comunes, presencia de gallina ciega; pH 6.3; límite marcado horizontal.
15 – 30 cm A <sub>11</sub>	Franco arcilloso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); poliédrico angular débil, friable, ligeramente adhesivo plástico; poros finos numerosos; raíces finas pocas; existen lombrices; pH 5.7; límite tenue horizontal.
30 – 55 cm A <sub>12</sub>	Franco arcilloso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); poliédrico moderadamente desarrollado, firme adhesivo plástico; poros finos pocos; raíces finas y escasas; pH 6.2; límite tenue horizontal.
55 – 75 cm A <sub>13</sub>	Franco arcilloso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); poliédrico angular moderadamente desarrollado firme adhesivo, plástico; poros finos pocos; sin raíces; pH 6.6, límite tenue horizontal.
75 – 95 cm Bt	Franco arcilloso; pardo muy oscuro (10YR 2/2); poliédrico angular moderadamente desarrollado, firme adhesivo y plástico; poros medianos tubulares pocos; sin raíces; pH 7.0; límite marcado.

Ladera convexa fuertemente erosionada debido a su forma y al material que lo constituye (lahares y piroclastos). Son suelos vulnerables donde el equilibrio del sistema suelo se ha roto, toda vez que se ha eliminado la vegetación nativa del suelo, se ha roturado y puesto en cultivo provocando una alteración del equilibrio dinámico del sistema, ya que el epipedón recibe menos aportes del material orgánico por parte de las plantas cultivadas y el laboreo acentúa la mineralización; tal desequilibrio propicia continuos cambios y reajustes que se plasman en las laderas mediante el dominio de los mecanismos de erosión hídrica tanto en lámina como en cárcavas. Se tiene como resultado una zona fuertemente erosionada, actualmente con pequeños manchones de suelo cubierto con gramíneas nativas y afloramientos de roca madre, que las comunidades aledañas han utilizado como basureros.

Laderas rectas con vegetación nativa (encinos y matorrales de labiadas), laderas rectas con cultivo de maíz, en estas últimas se presenta erosión hídrica laminar y cárcavas remontantes a diferencia de las primeras donde la erosión es mínima; sin embargo, sobre estas laderas se hacen fuertes extracciones de la materia prima para la industria tabiquera, ya que la textura de estos suelos es franco o franco arcillosa. Esta unidad está representada por el conjunto Mayorazgo 2 correspondiente a la unidad taxonómica Argiustoll; el proceso de oscurecimiento de estos suelos está dado por la melanización de materia orgánica que es la descomposición parcial de ésta y que produce compuestos oscuros y relativamente estables que se mueven a través del perfil por eluviación e iluviación de los sólidos orgánicos y minerales; asimismo se da el movimiento descendente de la arcilla para formar el horizonte B argílico del perfil 4.

Es un perfil profundo de 175 cm de profundidad dividido en seis subhorizontes. Es un suelo ligeramente ácido a neutro, rico en materia orgánica; los primeros 14 cm corresponden a un epipedón mólico; de los 42 a los 68 cm a un horizonte argílico, formado por el proceso de traslocación de arcillas. El balance de arcillas, arenas y

materia orgánica, hace entendible la extracción de estos suelos para la industria tabiquera. Se da la descripción morfológica del perfil 4.

Esta unidad de mapeo por su génesis y manejo es la más compleja de la zona ya que se tiene una disociación, grupo misceláneo + grupo indiferenciado.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 4

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (7) 38 Abril 89- 1:20,000
Conjunto	Mayorazgo
Uso de Suelo	Descanso, gramíneas, labiadas
Altitud	2700 m
Pendiente	13 %
Terreno circundante	Ondulado
Erosión	Hídrica laminar
Drenaje	Bueno
Material parental	Toba
Posición fisiográfica	Lomeríos
Clasificación	Argiustoll
Observador y fecha	P. Mireles, enero 1994.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLOGICA
00 – 14 cm A <sub>11</sub>	Franco; pardo oscuro (7.5YR 3/2); estructura granular friable, adhesivo, plástico; poros medios finos abundantes; raíces finas delgadas abundantes; existen hormigas abundantes; pH 7.2; límite marcado horizontal.
14 – 42 cm B <sub>21</sub>	Franco; pardo oscuro (7.5YR 3/2); bloques subangulares bien desarrollados, pequeñas gravas; friable adhesivo plástico; poros finos abundantes; raíces medianas finas abundantes; pH 7.5; límite marcado horizontal.
42 – 68 cm Bt <sub>2</sub>	Franco arcilloso; pardo oscuro (7.5YR 4/3); bloques angulares fuertemente desarrollados; gravas pequeñas; seco extremadamente firme, adhesivo plástico; poros finos abundantes; raíces medias abundantes; existen pinacates; pH 5.8; límite marcado horizontal.
68 – 95 cm Bw <sub>21</sub>	Franco, pardo oscuro (7.5YR 4/4); bloque angular; fuertemente desarrollado pequeñas gravas; seco extremadamente firme, adhesivo, plástico; cutanes de arcilla; poros finos medianos y abundantes; raíces medianas finas y abundantes; pH 6.3, límite marcado horizontal.
95 – 118 cm Bw <sub>22</sub>	Franco; pardo amarillento oscuro (10YR 3/4); masiva con ligera tendencia a angular; firme muy adhesivo, muy plástico; cutanes de arcilla; poros finos pocos; raíces medianas pocas; pH 6.7; límite marcado horizontal.
118 – 175 cm Cw <sub>23</sub>	Franco; pardo amarillento oscuro (10YR 3/4); masiva adhesivo, plástico; poros medianos tubulares abundantes, raíces medianas y pocas; pH 6.7

*TSH2, Planicie aluvial.* Este gran paisaje corresponde al Cuaternario; esta unidad fue receptora en condiciones de baja energía de los sedimentos coluviales, diluviales y proluviales en los márgenes de depresiones de tipo tectovolcánico, colmadas ahora de sedimentos recientes, dividida longitudinalmente en dos partes por el río Mayorazgo; presenta pendiente de 0 a 3%, su uso es agrícola de riego y temporal y al mismo tiempo urbano ya que aquí se encuentra la cabecera municipal de Xonacatlán. El paisaje TSH2.1 se encuentra representado por el conjunto Xonacatlán que corresponde al perfil 1 Haplustalf, que al ser el único suelo del paisaje corresponde a una consociación. Es un suelo mineral con un endopedón argílico de 69 a 100 cm, ya que contiene 42.4% de arcilla; presenta como proceso la traslocación de arcillas a través de un cambio abrupto ya que el horizonte superior sólo tiene 22.8% de arcilla, color negro, estructura de bloques angulares, pH 7.6 ligeramente básico, tiene alta capacidad de intercambio catiónico, 39.39 cmol / Kg; a través de todo el perfil se detecta la capacidad de expansión y retracción interlaminar por el humedecimiento y secado de los suelos. Ello se debe a su estructura que posibilita la hidratación de los cationes interlaminares provocando la separación de las láminas; estas arcillas del grupo de las esmectitas pueden proceder de materiales transportados y neoformarse en el suelo, lo que va asociado a medios ricos en sílice, magnesio y hierro y en condiciones de drenaje deficiente.

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL N° 1

Fotografía Aérea	Villa del Carbón R-25 (6) 43, abril 89- 1:20,000
Conjunto	Xonacatlán
Uso de Suelo	Agricultura de temporal (maíz) y riego
Altitud	2525 m
Pendiente	0-3 %
Terreno circundante	Plano
Drenaje	Bueno
Material parental	Aluvión
Erosión	No existe
Posición fisiográfica	Llanura aluvial
Clasificación	Haplustalf
Observador y fecha	P. Mireles, I. Bojórquez. octubre 1993.

HORIZONTE	DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA
00 – 21 cm Ap	Franco arcilloso; negro (10YR 2/1); poliédrica subangular, firme ligeramente adhesivo, plástico; poros grandes frecuentes; raíces finas y medias abundantes, existen lombrices y arañas; pH 6.7; límite horizontal tenue.
21 – 31 cm A <sub>12</sub>	Franco arcilloso; pardo grisáceo (10YR 5/2); poliédrica subangular, firme ligeramente adhesivo plástico; poros finos medianos grandes; raíces finas pocas; existen lombrices; pH 6.9; límite horizontal tenue.
31 – 51 cm B <sub>21</sub>	Franco arcillo arenoso; pardo oscuro (7.5YR 3/2); poliédrica subangular, friable ligeramente adhesivo plástico; poros finos medios numerosos; sin raíces; pH 6.9; límite horizontal marcado.
51 – 69 cm B <sub>22</sub>	Franco arcillo arenoso; gris muy oscuro (5YR 3/1); bloque angular; friable ligeramente adhesivo, plástico; poros finos medianos y numerosos; sin raíces; pH 7.1, límite horizontal marcado.
69 – 100 cm Bt <sub>pl</sub>	Arcilla; negro (10YR 2/1); bloque angular; adhesivo muy plástico; poros finos numerosos; sin raíces; pH 7.6; límite horizontal marcado.
100 – 110 cm Bt <sub>2</sub>	Franco arcilloso; gris muy oscuro (10YR 3/1); bloque subangular, ligeramente adhesivo, ligeramente plástico; poros finos medios numerosos; sin raíces; pH 7.1.

### 4.3 Clases de tierras

Con la integración de la información contenida en los mapas, como son unidades de suelos, uso actual del suelo y pendientes, se elaboró el mapa de clases de tierras para la subcuenca del río Mayorazgo el cual arrojó los siguientes datos: el 68.59% de la cuenca pertenece a la clase de tierras arables, y el 31.38% a las no arables (Cuadro 17 y Mapa 10, Clases de tierras).

Cuadro 17: Clases de tierras subcuenca del Río Mayorazgo, Estado de México

CLASES	HECTÁREAS	% DEL ÁREA TOTAL
1	590.812	10.07
2	779.351	13.29
3	430.799	7.35
4	2220.629	37.88
5	403.407	6.88
7	927.400	15.82
8	509.120	8.71

#### 4.3.1 Análisis del mapa de clases de tierras

**Clase 1:** Son tierras con pocas limitaciones que restringen su uso, son casi planos con pendiente inferior a 3%, sin peligro de erosión, profundos, bien drenados, aptos para retener la humedad, con alta respuesta a los fertilizantes, productivos y adaptables a cultivos intensivos (Ustalf). La limitante principal es el periodo de heladas que van del mes de noviembre a marzo, esta clase ocupa 590.812 ha y representa el 10.07% del área total de la subcuenca.

**Clase 2:** Son tierras con algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos y requieren de prácticas moderadas de conservación, ya que tienen pendientes moderadas de 3 a 7%; son ligeramente susceptibles a erosión, la profundidad del suelo es buena ya que esta clase se encuentra ocupada por asociación de suelos Haplustalf + Argiustoll, tienen buena respuesta a los fertilizantes, pueden ser

sometidas a laboreo permanente, ocupan 779.3515 ha que representan 13.29% del área de estudio.

**Clase 3:** Estas tierras tienen severas limitaciones que reducen la elección de cultivos y requieren prácticas especiales de conservación. Tienen las siguientes limitaciones: pendientes moderadamente fuertes de 12 a 25 % con alta susceptibilidad a la erosión, las características físico-químicas son las correspondientes a los Ustalf y Ustand, se encuentran suelos bien estructurados y débilmente estructurados con textura arenosa y problemas de fijación de fósforo, el área que ocupa esta clase es 430.799 ha que corresponde al 7.35 % del total.

**Clase 4:** Tierras con muy severas limitaciones que restringen la elección de cultivos y requieren un cuidadoso manejo; las limitaciones para estas son: pendiente acentuada de 12 a 25 % con severa susceptibilidad a la erosión, dentro de la zona se encuentran áreas afectadas por erosión hídrica, estas tierras están sobre suelos ándicos (Melanudand y Hapludand), con afloramiento de rocas, drenaje deficiente: esta área es la más grande con una extensión de 2220.629 ha que representa el 37.88%.

**Clase 5:** Tierras con poco peligro de erosión ya que se encuentran en pendientes de 7 a 12 %, pero tienen otras limitaciones que hacen a las tierras inadaptables para cultivos comerciales, como son: suelos delgados, textura gruesa, fijación de fósforo, poco estructurado (Melanudand y Hapludand), con aglomeramiento rocoso, drenaje deficiente; esta área es la más pequeña, tiene una extensión de 430.407 ha y representa el 6.88 %.

**Clase 7:** Son tierras con muy severas limitaciones que las hacen inadecuadas para el cultivo, como son: pendientes mayores al 50%, erosión severa en algunas zonas, suelos delgados, textura gruesa, poco estructurados, con fijación de fósforo, (Melanudand, Hapludand y Ustorthend) con afloramiento rocoso, cubren el 15.82 % que equivale a 927.400 ha.

**Clase 8:** Tierras con limitaciones que impiden su uso para producción de cultivos; las principales limitaciones que presentan son: zonas fuertemente erosionadas (Miscelánea erosiva), suelos delgados con textura arenosa, alta fijación de fósforo, poco estructurados, afloramiento rocoso (Hapludand y Ustorthend), con pendientes mayores a 50% cubren 509.120 ha y representan el 8.68% del área total.

# SUBCUENCA RIO MAYORAZGO

## CAPACIDAD DE USO DEL SUELO

### ARABLES

-  Agrícola muy intensiva
-  Agrícola intensiva
-  Agrícola moderada
-  Agrícola limitada

### NO ARABLES

-  Praticultura intensiva
-  Praticultura limitada
-  Reserva Natural

### FACTORES LIMITANTES

- p Pendiente
- e Erosión
- h Profundidad
- t Textura
- r Rocosidad
- f Fijación de fósforo

ELABORÓ: PATRICIA MIRELES  
LEZAMA

REVISÓ: JOSÉ LÓPEZ GARCÍA

DISEÑÓ: MA. EUGENIA VALDEZ PÉREZ

ESCALA GRÁFICA



JULIO DE 2000

55

50

2145 000

445 000

50

55

MAPA 10

## 5.- RECOMENDACIONES

La subcuenca del Río Mayorazgo está constituida por siete clases de tierras para las cuales se sugiere el siguiente manejo:

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 1:</b> Son tierras con pocas limitaciones que restringen su uso, son casi planos con pendiente inferior a 3% sin peligro de erosión, profundos, bien drenados, aptos para retener la humedad, con alta respuesta a los fertilizantes, productivos y adaptables a cultivos intensivos (Ustalf). La limitante principal es el período de heladas que van del mes de noviembre a marzo; esta clase ocupa 590.812 ha, y representa el 10.07% del área total de la subcuenca.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso adecuado de fertilizantes.</li> <li>• Aplicación de estiércol.</li> <li>• Rotación de cultivos: deberá haber tantos campos de rotación o combinaciones de ellos, como años hay en una rotación, esto hace posible determinar con varios años de anticipación lo que se cultivará en un campo determinado con una fecha precisa.</li> <li>• En el caso de monocultivo de maíz, deben emplearse grandes cantidades de fertilizante nitrogenado y otros fertilizantes y todo el rastrojo de maíz debe triturarse dejándolo en el suelo durante el invierno y la primavera, antes de volver a realizar el laboreo de incorporación al suelo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener su productividad aumentando la biomasa y produciendo granos.</li> <li>• Mantener buena agregación.</li> <li>• Disminución de insectos y hierbas nocivas, manejo equilibrado de nutrientes del suelo.</li> <li>• Conservar el cultivo tradicional por excelencia de Mesoamérica con un mínimo de alteración de las características físicas y químicas de los suelos.</li> </ul>

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 2:</b> Son tierras con algunas limitaciones que reducen la elección de cultivos y requieren de prácticas moderadas de conservación, ya que tienen pendientes de 3 a 7%, son susceptibles a erosión, la profundidad del suelo es buena ya que esta clase se encuentra ocupada por asociación de suelos Haplustalf + Argiustoll, tienen buena respuesta a los fertilizantes, pueden ser sometidas a laboreo permanente, ocupan 779.3515 ha, representan 13.24% del área de estudio.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboreo a nivel: se realiza trazando surcos paralelos en la línea guía superior, paralelamente a la línea guía inferior o bien paralelamente a ambas líneas guías.</li> <li>• Cultivo en fajas alternantes: consiste en ocupar parte del terreno con bandas de vegetación de distintas características que el cultivo, paralelas a las curvas de nivel en longitudes menores a 75 m.</li> <li>• Terrazas: son estructuras de defensa, consistentes en un surco y su lomo, actúan como cauces superficiales, se trazan paralelos a las curvas de nivel el límite del drenaje debe ser entre 90 y 120 m de longitud, pero no mayor a 500 m. Para el cálculo del espaciamiento de terrazas se propone la fórmula: <math>\% \text{ de pendiente} \times 15 + 60 = \text{intervalo vertical entre terrazas indicado en cm.}</math></li> <li>• Rotación de cultivos: se recomienda que sea de 3 años de maíz, cereal y leguminosas, se debe cuidar el manejo de los residuos de las cosechas y empleo de fertilizantes que ayudaran a compensar las deficiencias; ninguna rotación por muy buena que sea teóricamente, puede dar altos rendimientos si hay falta de nutrientes minerales.</li> <li>• Además las prácticas usadas para la clase uno donde sean aplicables.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Favorecer la infiltración y disminuir la erosión.</li> <li>• Cortar longitud de ladera. Disminuir la velocidad del agua de escorrentía.</li> <li>• Cuando hay exceso de agua actúan como desagüe o bien favorece la infiltración. Acortar la trayectoria del flujo de agua, permite el control de escorrentía y por ende la erosión.</li> <li>• Disminución de insectos y hierbas nocivas, manejo equilibrado de nutrientes.</li> </ul>

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 3</b> Estas tierras tienen severas limitaciones que reducen la elección de cultivos y requieren prácticas especiales de conservación. Tienen las siguientes limitaciones: pendientes moderadamente fuertes de 12 a 25% con alta susceptibilidad a la erosión, las características físico-químicas son las correspondientes a los Ustalf y Ustand, se encuentran suelos bien estructurados y débilmente estructurados con textura arenosa y problemas de fijación de fósforo, el área que ocupa esta clase es 430.7996 ha, que corresponde al 7.35% del total.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cultivos de cubierta</li> <li>• Bancales: son rellenos que interrumpen la pendiente de un terreno, se recomiendan para repoblación forestal, específicamente de huertas con las especies: <i>Mallus ssp</i>, <i>Pyrus commun</i>, <i>Prunus domestica</i>, <i>Crataegus mexicana</i> y <i>prunus capuli</i>.</li> <li>• Laboreo mínimo y siembra directa (Ustand) se siembra y recogen cosechas removiendo al mínimo el suelo, aflojar el suelo hasta una profundidad de 15 cm., sin darle vuelta y haciendo uso al mismo tiempo de tallos, rastrojo y otros residuos de cosechas, se requiere de mayor uso de fertilizantes nitrogenados, aplicación de herbicidas e insecticidas para eliminar escardas.</li> <li>• Barreras vegetales: cubren un papel análogo a las fajas aflorantes con la variación de que las barreras vegetales son hierba o arbustos nativos donde al colocar piedras para inducir a un aterrazamiento progresivo, por la tierra que se deposita en la barrera.</li> <li>• Labranza de cultivo en contorno: se realiza siguiendo la curva de nivel del terreno, para campos pequeños solo se traza una línea guía, si se tiene más de 90 cm. de longitud debe situarse la línea guía a 45 cm y la siguiente cada 60 cm. Para la separación de los terrenos en el punto en el que la pendiente cambia de ondulada suave a abrupta o muy ondulada se proponen cercos de contorno de setos vivos, estos a su vez sirven de guía para la labranza y siembra.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminuir el efecto nocivo de agua sobre el terreno.</li> <li>• Conservar el suelo, producción de fruta para autoconsumo y la venta en fresco o conserva.</li> <li>• Mejorar y conservar la estructura del suelo. Conservar humedad. Conservar materia orgánica, dando así una protección más duradera contra la erosión.</li> <li>• Cortar longitud de ladera, disminuir la velocidad del agua de escorrentía.</li> <li>• Las mismas que para bancales y barreras vegetales.</li> </ul>

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 4:</b> Tierras con muy severas limitaciones que restringen la elección de cultivos y requieren un cuidadoso manejo; las limitaciones para estas son: pendiente acentuada de 12 a 25% con severa susceptibilidad a la erosión; dentro de la zona se encuentran áreas afectadas por erosión hídrica, estas tierras están sobre suelos ándicos (Melanudands y Hapludands), con afloramiento de rocas y drenaje deficiente; esta área es la más pequeña, tiene una extensión de 430.7966 ha y representa el 6.88%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los parámetros que se consideran para esta clase, la definen como arables con severas restricciones en el manejo del suelo, las prácticas recomendadas son: laboreo ocasional con las siguientes prácticas: surcos amplios a nivel, pequeñas terrazas de absorción, cultivos en fajas estrechas a nivel, barreras vegetales y laboreo en contorno.</li> <li>• En el establecimiento de los cultivos deberá haber una proporción de patos de césped y los cultivos en surco deberán ser altos y habrán de ejercitarse simultáneamente las prácticas de conservación arriba citadas.</li> <li>• Construcción de derivaciones donde se colectarán los cauces individualmente construyéndolos a través de una ladera para que intercepte los escurrimientos superficiales y los lleve hasta una salida segura de desagüe, estas deberán mantenerse con cubierta de pasto; para su construcción se mide la superficie por cambio de pendiente, se obtendrá el escurrimiento máximo por 10 años, delimitar las dimensiones necesarias del cauce (anchura del fondo, profundidad, pendiente necesaria para el escurrimiento deseado).</li> <li>• Sobre estas tierras nacen manantiales, lo que plantea la posibilidad de un cambio de actividad económica de forestal a piscícola ya que las características del agua permiten la siembra de trucha.</li> <li>• Por las características exclusivamente edáficas se recomienda ampliamente el manejo propuesto en la clase 5.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de erosión hídrica, en cárcavas. Conservar el ingreso de los habitantes por los cultivos establecidos.</li> <li>• Disminución de la erosión laminar y por splash.</li> <li>• Disminuir la longitud del piedemonte, desviar las aguas apartándolas de arroyos activos, formadores de cárcavas, torrentera a un terreno de agostadero.</li> <li>• Plantea la alternativa para la conservación de recursos maderables con sus repercusiones en la conservación de los recursos naturales y da la posibilidad de aumentar sus ingresos a mediano plazo.</li> </ul>

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 5:</b> Tierras con poco peligro de erosión ya que se encuentran en pendientes de 7 a 12 %, pero tienen otras limitaciones que hacen a las tierras inadaptables para cultivos comerciales, como son: suelos delgados, textura gruesa, fijación de fósforo (Melanudand y Hapludand), con aglomeramiento rocoso y drenaje deficiente; esta área es la más pequeña, tiene una extensión de 430.7966 ha y representa el 6.88%.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de praderas: se recomienda la siembra de pastos con trébol.</li> <li>• Pastoreo controlado; planear la cantidad de ganado que soportaría determinada área de acuerdo a las especies, edad y fin de producción, así como la edad de la pradera.</li> <li>• Talas controladas: es fundamental renovar el bosque, esto se deberá hacer planeado por expertos, tomando en consideración el aspecto físico, edad y estado de salud del árbol.</li> <li>• Planeación de reforestación: perfectamente planeados por especialistas y con fines bien definidos, con especies nativas, aplicando técnicas para asegurar la acción pudiendo ser: abrir cepas de 45 – 60 cm y la distancia entre planta y planta de 1.22 – 183 m. Después de la siembra cubrir el entorno de los árboles recién plantados con paja o materiales herbáceos muertos.</li> <li>• Aclareos: estos se deberán hacer entre árboles jóvenes y entre arboles viejos y jóvenes.</li> <li>• En función de las buenas vías de comunicación y las características fisiográficas se recomienda la plantación de "Árboles de Navidad", estos deberán tener una separación entre si no menos de 1.20 x 1.20 m y no más de 1.80 x 1.80 m, dejando corredores sin plantar cada 6 a 8 hileras, estos pasillos sirven de senderos para manejo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumentar la estructuración del suelo y guardar equilibrio en el aprovechamiento de los nutrientes, disminuir los efectos de erosión por caída de gotas de lluvia e hídrica laminar y/o en cárcavas.</li> <li>• Aumentar los ingresos de la población al producir el alimento para su ganado y conservación del suelo.</li> <li>• Control de plagas, enfermedades e incendios.</li> <li>• Conservación de los recursos naturales. Fortalecer el desarrollo del suelo. Recuperación de masa arbórea.</li> <li>• Con el fin de asegurar la renovación del bosque.</li> <li>• Aumentar los ingresos de los habitantes de la zona. Disminuir la tala clandestina de árboles jóvenes. Conservar la recarga de los mantos acuíferos.</li> </ul>

CLASE	ACCIONES Y MÉTODOS	META
<p><b>Clase 7:</b> Son tierras con muy severas limitaciones que las hacen inadecuadas para el cultivo como son: pendientes mayores al 50%, erosión severa en algunas zonas, suelos delgados, textura gruesa, poco estructurados, con fijación de fósforo. (Melanudand, Hapludand y Ustorhend) con afloramiento rocoso, cubren el 15.82% que equivale a 927.1208 ha.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La utilización para estas zonas debe ser de reserva natural, con severas restricciones para el pastoreo de ganado vacuno y ovino, ya que estos causan más daños a los árboles que cualquier otro agente destructivo, por el ramoneo de las hojas y brotes de árboles pequeños, así como el pisoteo sobre suelos frágiles.</li> <li>• Reforestación y cobertura de especies nativas, así como restricción para la tala.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asegurar el crecimiento de árboles pequeños ya sea transplantados o regeneración natural.</li> <li>• Disminuir la erosión por remoción de materiales frágiles al pisoteo.</li> <li>• Fortalecer el desarrollo del suelo. Recuperación de masa arbórea. Conservar la recarga de los mantos acuíferos de la zona.</li> </ul>
<p><b>Clase 8:</b> Tierras con limitaciones que impide su uso para producción de cultivos; las principales limitaciones que presentan son: zonas fuertemente erosionadas (Miscelánea erosiva), suelos delgados con textura arenosa, alta fijación de fósforo, poco estructurados, afloramiento rocoso (Hapludand y Ustorhend), con pendientes mayores a 50% cubren 509.1208 ha, y representan el 8.68% del área total.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vigilancia para el crecimiento de la vegetación nativa. Siembra de especies mixtas de lespedazas gramíneas y leguminosas.</li> <li>• Asegurar la constitución de macizos de 25 a 50 árboles de la familia de las coníferas con una distancia entre sí de 3 m. Estos deberán estar rodeados de 3 hileras de arbustos como zarzas y groselleros.</li> <li>• Protección de las márgenes de corrientes de agua con vegetación de cobertura y plantación de árboles con una distancia de 1.83 –2.80 m entre sí.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Para la conservación de la fauna silvestre.</li> <li>• Proporcionar alimento y abrigo a las aves.</li> <li>• Impedir el desmoronamiento de los bordes.</li> </ul>

## CONCLUSIONES

Se concluye que los objetivos planteados al inicio del trabajo se cumplieron en su totalidad, como se aprecia a continuación:

- El levantamiento de suelos permitió evaluar y predecir la aptitud y limitaciones de los suelos de la subcuenca del río Mayorazgo para el mejor uso y manejo, conociendo las características y propiedades de los mismos.
- Se definieron cinco unidades de mapeo de suelos: tres asociaciones, una disociación y grupo misceláneo y una consociación clasificadas a nivel de Gran Grupo y numeradas como conjuntos, los suelos clasificados son: Melanudand Hapludand, Ustorthent Hapludand, Haplumbrept/taptic Ustalf, Paleustalf, Argiustoll, Haplustalf, Miscelánea erosiva.
- El levantamiento fue satisfactorio para evidenciar una visión global del paisaje, analizando al mismo tiempo los diferentes aspectos que lo componen, es decir, es una síntesis de los elementos del medio natural.
- El análisis de fotografías aéreas recientes, fue la base para la elaboración del mapa de uso actual del suelo, este último es de vital importancia en la generación de las recomendaciones para la conservación y restauración del equilibrio de la zona.
- El sistema de clasificación por capacidad de uso de tierras permitió definir, con más precisión, los factores limitantes a la producción agrícola, los principales son: riesgo de erosión, espesor del suelo, fijación de fósforo, textura, rocosidad y drenaje, así mismo se identificaron las zonas sin vocación agrícola.

- De acuerdo con las características geográficas y edáficas prevalecientes en el área de estudio, los terrenos presentan vocación forestal; sin embargo, el desarrollo de los asentamientos humanos en la zona, ha contribuido a la sustitución de algunos paisajes forestales por cultivos agrícolas o por zonas urbanas.
- Existe una significativa pérdida de suelo en áreas con pendientes convexas, lo que hace inminente realizar trabajos de restauración y conservación en las zonas susceptibles de ser erosionadas, con diferentes técnicas según sean las características de cada paisaje, como se detalla en las recomendaciones.
- Este trabajo proporciona elementos para llevar a cabo estudios que permitan realizar un plan para el manejo de los recursos naturales de la subcuenca del río Mayorazgo. Es de suma importancia disponer de una coordinación real sectorial e institucional que permita la conformación de grupos interdisciplinarios para encarar la problemática con una visión integral de la subcuenca.
- La elaboración de las bases de datos con las características morfológicas así como físico-químicas de los suelos y cartografía básica y temática, permitirá en el futuro, disponer de información que puede ser utilizada para investigaciones posteriores, o bien para instrumentar el manejo integral de la cuenca del río Mayorazgo.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Aguilar S. A., Echevers B. J., Castellanos R. J. 1987. **Análisis químico para evaluar la fertilidad del suelo.** Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México. 35 p.
2. Bojórquez S. I. 1995. **Levantamiento de suelos de la reserva ecológica de la Sierra de San Juan, Nayarit.** Tesis Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM.
3. Bojórquez S. I. y López G. J. 1997. **Levantamiento de suelos del municipio de Tuxpan, Nayarit. México.**
4. Bosque S. J. 1992. **Sistemas de información geográfica.** Editorial Rialp, S. A. Madrid, España. p. 9-23.
5. Buckman O.H. y Brady C.N. 1985. **Naturaleza y propiedades de los suelos.** Editorial UTEHA. México.
6. Buol S.C., Hole F.D., MC Cracken R.J. 1983. **Génesis y clasificación de suelos.** Editorial Trillas. México.
7. CETENAL. 1970. **Modificaciones para México de la clasificación de suelos.** FAO-UNESCO México.
8. Censo Agropecuario Nacional Mexicano 1991. 1992. Edit. INEGI México.
9. CETENAL. 1975. **Carta Edafológica, escala 1:50,000 hojas Toluca G-6-A38 y Villa del Carbón E14-A38.**
10. CETENAL. 1975. **Carta Uso del Suelo, escala 1:50,000 hojas Toluca E-14-A38 y Villa del Carbón E-14-A28.**
11. Cuanalo C. H., Ortiz S. C. 1976. **Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo.** Colegio de Postgraduados. México.
12. Cuanalo C. H. 1990. **Manual para la descripción de perfiles en campo.** 3ª edición C. P. Chapingo, México.
13. Domínguez J. y Aguilera H. N. s/f, **Metodología de análisis físico-químico de suelos.** Facultad de Ciencias, UNAM. México.
14. Dudal R. 1968. **Definition of soil units the soil map of the world.** World Soil Resources, Report 33 FAO, Roma Italy
15. Elbersen G.W. 1978. **Soil Survey Methodology: Syllabus ITC Enschede,** the Netherlands.

16. Elbersen G. W., Benavides S. T. y Botero P.S. 1986. *Metodología para levantamientos edafológicos 2ª parte*. Bogotá, Colombia.
17. FAO. 1976. **Esquema para la evaluación de tierras**. Boletín de suelos No. 32 UNESCO
18. FAO- UNESCO. 1989. *Mapa mundial de suelos, leyenda revisada*. Roma.
19. Fitz Patrick, E. A. 1985. *Suelos, su formación, clasificación y distribución*. Editorial CECSA. México.
20. García R. G. 1992. *Ordenamiento de cuencas hidrográficas como modelo de planificación para la conservación y protección de los recursos naturales*. Facultad de Geografía, UAEM (Tesis Licenciatura).
21. García M. E. 1981. **Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köpen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana)**, Edit. Larios, México.
22. Geissert D, Rossignol J. P. *La morfoedafología en la ordenación de los paisajes rurales, conceptos y primeras aplicaciones en México*, Edit. INREB. Xalapa, Ver. México.
23. Gobierno del Estado de México. 1996. *Programa estatal de protección al ambiente*.
24. Gobierno del Estado de México-UNAM. 1993. *Estratigrafía y recursos minerales del Estado de México*. Editorial Mariano Elías Herrera.
25. ICOMAND. 1988. **Carta circular No 10, 29 de febrero 1988**. Traducción UACH. México.
26. INEGI. 1980. Estado de México. *Resultados definitivos IX Censo General de Población y Vivienda*. México.
27. INEGI. 1990. Estado de México. *Resultados definitivos. X Censo General de Población y Vivienda*. México.
28. INEGI. 1990. *Manual para la interpretación de cartografía geológica*. México.
29. INEGI. 1989. *Guía para la interpretación de cartografía uso potencial del suelo*. INEGI México.

30. Juárez G. B. y Pineda B. N. 1988. **Levantamiento de suelos de la unidad fisiográfica B3 (Conjunto Volcánico Andesítico del Cuaternario) en el Municipio de Tenango del Valle para la determinación del potencial florícola de zona.** Tesis de licenciatura Facultad de Geografía UAEM.
31. Lee R. 1980. **Forest Hidrology.** Columbia University. USA
32. León A. R. 1991. **Nueva edafología.** Editorial Fontamara 107, México.
33. Llamas J. 1989. **Hidrología General.** Edit. UAEM, México
34. López G. J. 1991. **Levantamiento semidetallado de suelos de la cuenca baja del Río Pilon-Casillas Nuevo León México,** Facultad de Ciencias, UNAM (Tesis de Doctorado) México.
35. Lugo H. J. 1991. **Elementos de Geomorfología aplicada.** Instituto de Geografía UNAM, México.
36. Lugo H. J. 1984. **Geomorfología al sur de la cuenca de México.** Serie varia V-1 No. 8 Instituto de Geografía UNAM México.
37. Moreno O. C. 1989. **Levantamientos agrológicos,** Editorial Trillas, México.
38. Menz A. J. 1989. **Conceptos y mecanismos de planificación regional aplicable al manejo y desarrollo de cuencas.** FAO. La planificación Argentina, Roma Italia.
39. Munsell. 1990. **Munsell Soli Color Charts,** Macbeth Division of Kolimargen Instruments Corporation. N.Y. USA.
40. Nieuwenhuis E. Botero P.J. 1977. **Observaciones sobre leyendas de mapas de suelos,** CIAF. Bogotá, Colombia.
41. **Nuevo mapa geológico de las Cuencas de México, Toluca y Puebla.** 1996. Comisión Federal de Electricidad.
42. Ortiz P. M. A. 1988. **Los cambios de nivel base como mecanismo morfológico de la simetría de valles.** Boletín No. 17 Instituto de Geografía dela UNAM. México.
43. Ortiz S. C., Cuanalo C. H. 1977. **Levantamiento fisiográfico del área de influencia de Chapingo,** Colegio de Posgraduados, México.
44. Ortiz V. B. y Ortiz S. C. 1985. **Edafología,** UACH, México.
45. Palacio P. J. 1992. **Introducción a los sistemas de información geográfica,** Instituto de Geografía, UNAM.

46. Pichardo V. G. y Villegas C. C. 1996. **Levantamiento de suelos de cuarto orden del Municipio de Tenango de Valle México**. Tesis de Licenciatura, Facultad de Geografía, UAEM.
47. Porta C. J., López-Acevedo R. M. y Roquero L.C. 1994. **Edafología para la agricultura y el medio ambiente**. Editorial Mundi- Prensa, Madrid, España.
48. Quiñones H., S. González y C. R. Allende. 1973. **Clasificación de tierras para uso potencial**, CETENAL, México.
49. Sánchez V. A. 1987. **Conceptos Elementales de Hidrología Forestal**. Vol. 1 Edit. UACH. México.
50. Spaargaren, O. C. (Editor) 1994. **World Reference Base. For Soil Resources**. ISSS- ISRIC- FAO. Wageningen/ Roma.
51. SARH. 1972. **Instructivo para la determinación del clima de acuerdo al segundo sistema de Thorntwhite**. México.
52. SARH. 1990. **Manual de la metodología para evaluar la aptitud de las tierras para la producción de cultivos básicos en condiciones de temporal**.
53. Shoji, Nanzyo, Dahlgren. 1993. **Volcanic ash soils**. Edt. Elsevier The Netherland Amsterdam
54. Smith, G. 1965. **Lectures on Soil Classification – Pedologie Spec. Nr. 4**
55. Soil Survey Staff. 1975. **Soil Taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpretation soil surveys**. Washington, U.S. Government Printing Office. p 754.
56. Soil Survey Staff. 1994. **Keys to Soil Taxonomy**, USDA, 6ª Editorial USA.
57. Soil Survey Staff, 1993. **Soil Survey Manual**. USDA Washinton , D.C. USA.
58. Talleres Cartográficos de la Nación (Editor). 1981. **Síntesis Geográfica del Estado de México**. México.
59. UNAM. (1995). **Memorias del Simposio Universitario de Edafología**. 25-27 de octubre de 1995. Facultad de Ciencias. México.
60. Vargas G. 1979. **Interpretación de fotografías aéreas para reconocimiento de suelos**. Edit. Centro Interamericano de Fotointerpretación. Bogota, Colombia.
61. Valera P. M. 1994. **Fisicoquímica y mineralogía de andosoles de la Región de Teziutlán, Edo. de Puebla**. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. UNAM. México.