

00322

92



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LAS UNIDADES DE PAISAJE EN LA CUENCA
ALTA DEL RÍO MAGDALENA, MÉXICO, D.F.
BASE FUNDAMENTAL PARA LA
PLANIFICACIÓN AMBIENTAL

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE
BIOLOGA
PRESENTA

JULIETA JUJNOVSKY ORLANDINI

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. LUCIA ALMEIDA LEÑERO

CO-DIRECTORA DE TESIS:
M. EN C. MARIA CONCEPCIÓN GARCÍA GUIRRE



2003

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR

A



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo excepcional.

NOMBRE: Julietta Jurnovsky

Orlandini

FECHA: 5 - Nov - 03

FIRMA: [Firma]

DRA. MARÍA DE LOURDES ESTEVA PERALTA
Jefa de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
"Las unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.
Base fundamental para la planificación ambiental".

realizado por Julieta Jurnovsky Orlandini.

con número de cuenta 09877023-4 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Biología

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis
Propietario

Dra. Lucia Almeida Leñero

Co-Directora
Propietario

M. en C. María Concepción García Aguirre

Propietario

Dra. María de Jesús Ordóñez Díaz

Suplente

Biol. Víctor Daniel Ávila Akerberg

Suplente

Biol. Verónica Aguilar Zamora

[Firma]

[Firma]

[Firma]

[Firma]

[Firma]

FACULTAD DE CIENCIAS

Consejo Departamental de Biología



[Firma]

M. en C. Juan Manuel Rodríguez Chávez

UNIDAD DE ENSEÑANZA
DE BIOLOGÍA

B

**Esta tesis fue realizada bajo la dirección de la Dra. Lucía Almeida
Leñero y la codirección de la M. en C. Concepción García Aguirre en el
laboratorio de Biogeografía y Sinecología de la Facultad de Ciencias,
UNAM.**

**Estuvo financiada por el Programa de Becas para la Elaboración de
Tesis de Licenciatura en Proyectos de Investigación “PROBETEL”**

A mis papás

A mis hermanos

A Rodrigo

Agradecimientos

Quiero agradecer a toda la gente que de alguna manera me ayudó con la realización de esta tesis.

Agradezco a Lucía Almeida por haberme dado la oportunidad de realizar la tesis en el laboratorio de Biogeografía; por inculcarme el gusto por los recursos naturales y por su apoyo incondicional durante todo el proceso.

A Concepción García por su ayuda, su apoyo y paciencia y por adentrarme en el mundo de la ecología del paisaje y los sistemas de información geográfica.

A María de Jesús Ordoñez por la revisión minuciosa de la tesis y sus acertados comentarios que enriquecieron el trabajo.

A Verónica Aguilar por revisar mi tesis, por ayudarme con ILWIS y por sacarme de apuros tantas veces.

A Víctor Ávila por todos sus comentarios y por la información proporcionada durante la realización de esta tesis.

Al laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, por la asesoría y por las instalaciones prestadas.

Al Dr. José López por la asesoría prestada para la realización del mapa geomorfológico.

A José por ayudarme con la fotointerpretación y a todos los integrantes del laboratorio, Sara, Sinué, Mónica, Fabiola, Julio, Ariadna, Gustavo, Silvia, Mónica y Bety, por su apoyo y por hacer del laboratorio un sitio agradable y divertido para trabajar.

A Mariana Nava, por toda la ayuda brindada para la realización de esta tesis y por su amistad.

A mis queridos amigos Rodrigo Vega, Yoshinori Nakazawa, Andrés Lira, Giuseppe Pasquetti, Mariana Del Olmo, Alicia Fernández, Jorge Reskala y Manuel Loria, por su amistad, por escuchar mis quejas y alegrías y por todos los buenos momentos que hemos pasado juntos.

A mi familia de Argentina, que aunque no estuvo involucrada en la tesis, me hizo sentir su apoyo moral.

A mis papás Tanguí y Lilly, porque no tengo palabras para agradecerles el haberme dado la oportunidad de estudiar una carrera que amo, por crear una maravillosa familia y por ser los mejores padres.

A mis hermanos Tomi y Maia, por estar siempre conmigo, por hacer mi vida más divertida y además ser mis mejores amigos.

Y a Rodrigo, por ser el que me impulsa para seguir adelante y querer ser mejor cada día. Por su amor incondicional, por su comprensión y por ser siempre mi mejor compañero.

Gracias a todos.

ÍNDICE

Resumen.....	1
Introducción	
<i>Planificación ambiental.....</i>	3
<i>Geografía y paisaje.....</i>	4
<i>Ecología del paisaje.....</i>	5
• Definición.....	5
• Contexto histórico.....	5
• Unidades de paisaje.....	7
• Ecología del paisaje enfocada a la planificación.....	8
• Importancia de la zonificación por unidades.....	10
• Unidades de paisaje: base de programas de planificación ambiental.....	11
<i>Justificación.....</i>	11
<i>Objetivos.....</i>	12
<i>Descripción de la zona de estudio.....</i>	13
• Ubicación de la cuenca.....	13
• Situación actual.....	15
• Geología.....	15
• Geomorfología.....	16
• Hidrología.....	17
• Suelo.....	17
• Clima.....	18
• Flora y vegetación.....	19
• Fauna.....	21
• Aspectos históricos.....	21
Materiales y método.....	23
Resultados.....	30
<i>Descripción de mapas geomorfológico, altimétrico y de pendientes.....</i>	30
• Mapa geomorfológico.....	31
• Mapa altimétrico.....	32
• Mapa de pendientes.....	33
<i>Descripción de mapas de suelos.....</i>	34
• Mapa de tipos de suelos.....	36
• Mapa de textura.....	37
• Mapa de profundidad.....	38
• Mapa de pH.....	39
• Mapa de materia orgánica.....	40
<i>Descripción del mapa de vegetación.....</i>	41
• Mapa de vegetación.....	42

<i>Descripción del mapa de áreas de geoestadística básica.....</i>	43
• Mapa de AGEBs de influencia.....	45
<i>Descripción de unidades de paisaje.....</i>	46
• Mapa de unidades de paisaje.....	47
<i>Descripción del perfil.....</i>	57
• Perfil de unidades de paisaje.....	59
Discusión	
<i>Análisis integral de la zona.....</i>	60
<i>Similitudes entre unidades de paisaje.....</i>	62
<i>Relevancia de las variables consideradas.....</i>	64
<i>Diagnóstico general de la cuenca.....</i>	65
<i>Importancia y aplicaciones del estudio.....</i>	67
Conclusiones.....	69
Recomendaciones.....	71
Literatura consultada.....	73

Resumen

La cuenca alta del río Magdalena recibe su nombre del único río vivo que le queda a la ciudad de México, el cual es de primordial importancia en el abastecimiento de agua potable para la zona sur. El 70 % del agua que se consume en el Distrito Federal proviene del subsuelo y los bosques de la cuenca del río Magdalena contribuyen de manera importante en la infiltración del agua de lluvia que alimenta al manto acuífero de la Cuenca de México. La zona de estudio ocupa el 4 % del suelo de conservación del Distrito Federal, sin embargo, el acelerado crecimiento demográfico de la zona metropolitana ha promovido su deterioro en los últimos años.

El presente estudio utilizó el enfoque holístico de la ecología del paisaje con el propósito de contar con elementos suficientes que permitan encontrar alternativas para la conservación y restauración de la zona. La definición de las unidades de paisaje, bajo este enfoque, se obtuvo principalmente de la interpretación de fotografías aéreas para identificar zonas homogéneas, pero su delimitación final, en pos de afinar la clasificación preliminar basada en la fotointerpretación, tomó en cuenta los siguientes atributos: geomorfología, altitud, pendiente, tipos de suelo, textura, profundidad, pH, materia orgánica, vegetación, y aspectos socioeconómicos quedando conformadas treinta unidades de paisaje. El elemento rector de la definición de unidades de paisaje fue el mapa geomorfológico obtenido de la fotointerpretación y la vegetación fue el segundo atributo importante para esta delimitación.

La zona de estudio se sitúa en un intervalo altitudinal entre los 2570 m snm en el noreste a los 3810 m snm en el suroeste, presentando dos orientaciones principales; una noreste y otra suroeste, pero teniendo cada geoforma su propia orientación. Las pendientes alcanzan intervalos de menos de 15° hasta casi 90° en escarpes y paredes de roca. El pH analizado muestra una relación inversa con la altitud, encontrándose los valores más ácidos en la porción más alta de la cuenca junto a los contenidos más elevados de materia orgánica, mientras que los valores inferiores de materia orgánica se encuentran en suelos menos ácidos en la parte más baja de la cuenca. El gradiente altitudinal de más de 1000 metros hace posible que se desarrollen tres comunidades vegetales: *Pinus*, *Abies* y bosque mixto, divididas en ocho asociaciones. La comunidad más ampliamente distribuida es el bosque de *Abies religiosa* y dentro de éste, la asociación de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*. Las similitudes encontradas para las unidades

de paisaje están relacionadas con el tipo de asociación vegetal, debido a que fue la variable que mostró mayor relación con los demás atributos del terreno.

La zona de influencia antropogénica del área de estudio está conformada por cinco áreas de geoestadística básica las cuales ejercen presión en la zona noreste de la cuenca.

El método utilizado y la información obtenida en este estudio proporcionan elementos para elaborar un diagnóstico del estado ambiental de la zona protectora. La cuenca se puede dividir por su altitud en tres partes: alta, media y baja, cada una de ellas con una problemática ambiental específica. La información biofísica y socioeconómica obtenida y actualizada es una herramienta útil que proporciona bases para desarrollar programas de manejo y restauración.

La información integrada de aspectos biofísicos y sociales presentada en este estudio es el primer paso para el ordenamiento ecológico de la cuenca alta del río Magdalena, ya que los proyectos de planificación ambiental deben utilizar a las unidades de paisaje como base inicial y fundamental para obtener una visión de la problemática de una zona de manera integral y por lo tanto coadyuvan a la toma apropiada de decisiones.

Introducción

Planificación ambiental

La planificación es la determinación de los objetivos de un proyecto, a través de una consideración sistemática de los programas, procedimientos y alternativas políticas para alcanzarlos. La planificación ambiental reconoce el ambiente como un sistema físico y biológico a considerar en la consecución de sus objetivos (MOP, 1991).

La dimensión ambiental es una variable del proceso de desarrollo reconocida como el conjunto de interacciones de los procesos naturales con los sociales y es básico considerarla en la planificación ambiental para explicar los cambios en el medio. Los planificadores reconocen a la dimensión ambiental como indispensable para alcanzar el objetivo de la planificación (Carrizo, 1982).

Los objetivos principales en la planificación ambiental son los siguientes, (Bronsveld *et al.*, 1994):

- 1) La identificación de los usos de la tierra que mejor satisfagan metas específicas.
- 2) La formulación de programas, proyectos o planes de manejo para implementar esos usos.
- 3) La predicción de los efectos ecológicos, ambientales, sociales y económicos de estos programas, proyectos o planes.

Según Pieri (1997), para planificar se requiere tomar en cuenta jerarquías y prioridades de acuerdo a las necesidades de las personas. Como generalmente los presupuestos son escasos, se debe optimizar el uso de datos e información útil para poder realizar un manejo adecuado de la tierra. Para ello es fundamental recopilar e integrar toda la información biofísica y social en un Sistema de Información Geográfica (SIG) y tomar en cuenta el conocimiento de la gente local para almacenarlo en una base de datos. El objetivo es transformar la información en conocimiento. La integración de los componentes biofísicos, socioeconómicos, legales e institucionales, combinados con un fuerte componente de participación social, hace que la planificación del manejo del terreno sea una herramienta útil para optimizar el potencial y el uso del suelo. Para planificar no solamente se debe de tomar en cuenta el uso de la tierra, sino también las condiciones de vida de los habitantes del lugar.

Los proyectos orientados a la planificación regional también demandan información actualizada del uso y cobertura de la tierra, que pueda utilizarse como herramienta para el análisis y la evaluación del impacto de las actividades humanas. Esto, a su vez, permite formular modelos de utilización del suelo, diseñar escenarios alternativos en proyectos regionales o predecir los efectos de nuevas actividades antes de que estos sean irreparables. Por ello existe una necesidad básica de proveer información confiable, con capacidad para pronosticar los niveles de precisión apropiados a horizontes de planeamiento a corto o largo plazo (Metternicht, 1999).

La planificación ambiental es muy importante para el manejo de los recursos naturales y para esto es necesario hacer estudios previos de regionalización y de ordenamiento ecológico.

Regionalización.- Según la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 2003), la regionalización es la división de un territorio en áreas menores con características comunes y representa una herramienta metodológica básica en la planificación ambiental. Existen varios enfoques, cada uno de ellos ha desarrollado diferentes esquemas, sin embargo, su objetivo final es evaluar el territorio con fines de planificación, para lo cual organizan jerárquicamente las características físicas y bióticas del territorio. El presente trabajo aplica el enfoque de la ecología del paisaje, el cual se describe a continuación.

La geografía y el paisaje

El campo de acción y el objeto de la geografía es el espacio geográfico, el cual se define como una porción de la superficie terrestre. Es el territorio o el campo de las interacciones de los elementos naturales, sociales y culturales que lo conforman (Barrera, 1998).

A partir de la idea de espacio geográfico surge otro término no menos importante y de profundo arraigo en esta disciplina: el paisaje. Este vocablo, al igual que el anterior, considera necesaria la integración de todos los elementos que constituyen el espacio, de tal manera que éste debe ser considerado como una unidad. Esta unidad define como paisaje. El paisaje para la geografía, no es simplemente un conjunto de elementos que se encuentran en el espacio; sino que considera el espacio como una característica, con una dinámica y con una individualidad plasmada por las interacciones de los elementos naturales, sociales y culturales que lo integran. Los paisajes son "individuos geográficos" que expresan una combinación geográfica (Gourou, 1982) y cuyos constituyentes fundamentales son la naturaleza, la sociedad y la cultura.

Resulta coherente y lógico definir al paisaje como una porción del espacio, caracterizada por las interacciones del clima, relieve, geomorfología, hidrología, cubierta vegetal, suelos, etc.; en donde sobresalen algunos de sus elementos, tales como el relieve o la cubierta vegetal. Barrera (1998), define al espacio geográfico como un mosaico de paisajes naturales y culturales.

Ecología del paisaje

Bunce *et al.* (1993), define la ecología del paisaje como un campo interdisciplinario de la ciencia que puede ser definida como el estudio de las interacciones entre los componentes espacio-tiempo de un paisaje y su asociación con la flora y fauna, dejando ver la interdependencia de las especies entre los diferentes elementos que componen dicho paisaje.

Los biogeógrafos alemanes definen al paisaje como una "entidad espacial total", o sea, una entidad holística que es mucho más que la suma de sus partes. Para la escuela holandesa (ITC) la ecología del paisaje es una subdivisión de las ciencias de la tierra o del paisaje, en la cual se estudia a este último de una manera holística, es decir, sus diferentes elementos y sus influencias comunes (Naveh & Lieberman, 1984).

La ecología del paisaje enfatiza el manejo del ambiente y la relaciones entre los elementos de la vegetación, la fauna, el suelo y los agrosistemas (Bunce *et al.*, 1993). Todo esto dentro de una escala espacial. Mendoza y Bocco (1998) afirman que la base epistemológica general está dada por la Teoría General de Sistemas propuesta por Von Bertalanffy en 1938, pues la ecología del paisaje se basa en la concepción holística de la realidad, en particular del paisaje.

Contexto histórico.- La historia natural, la biogeografía y la ecología han tenido una larga tradición en cuanto al interés en los patrones espaciales y la distribución geográfica de organismos. La distribución latitudinal y altitudinal de las zonas vegetales fueron descritas por Von Humboldt en el siglo XIX, cuyo trabajo da un gran impulso a los trabajo de la distribución geográfica de plantas y animales. En el mismo siglo, botánicos y zoólogos describieron la distribución espacial de varios taxa, particularmente relacionados a factores macroclimáticos tales como temperatura y precipitación. Esto permitió entender la fuerte interdependencia que existe entre el clima, la biota, y el suelo en comparación con la estabilidad del paisaje en ausencia de cambios climáticos (Turner & Gardner, 1991).

El término “*landscape ecology*” (ecología del paisaje) se desarrolló como una disciplina que relaciona la geografía física con la ecología. El término fue introducido por primera vez en la literatura alemana por Troll en 1939 que incluyó a la ecología dentro de un espacio geográfico. Por otro lado, en Inglaterra, Tansley en 1935 introdujo el concepto de ecosistema enfocado a la descripción de patrones de vegetación. Posteriormente, en los sesentas esta disciplina se desarrolló en Checoslovaquia y Rusia, mientras que en los setentas y ochentas fue adoptada por investigadores americanos y franceses (Fig. 1).

El primer encuentro internacional de ecólogos del paisaje fue en 1981 en Veldhorén, Holanda, al cual asistieron científicos de varios países del mundo. La Asociación Internacional de Ecología del Paisaje (IALE) se crea al año siguiente en Piestany, Eslovaquia. Los trabajos expuestos en ambos eventos estaban más enfocados hacia la teoría que hacia resultados científicos. Estas reuniones ayudaron al desarrollo de una nueva disciplina interesada en integrar los niveles del paisaje. En 1987 se publica la primera edición del “*Journal for Landscape Ecology*” (Bunce *et al.*, 1993). Cabe mencionar que existen diferentes enfoques y escalas de trabajo en esta disciplina y cada autor sienta sus propias bases para el estudio del paisaje. A continuación se resumen algunos de ellos.

Características .- La ecología del paisaje se enfoca a áreas extensas. Turner (1989), identifica cuatro puntos principales de esta disciplina.

- 1.- El desarrollo y dinámica de la heterogeneidad espacial
- 2.- Interacciones y cambios a través de los paisajes heterogéneos.
- 3.- La influencia de un espacio heterogéneo sobre procesos bióticos y abióticos.
- 4.- El manejo de los espacios heterogéneos.

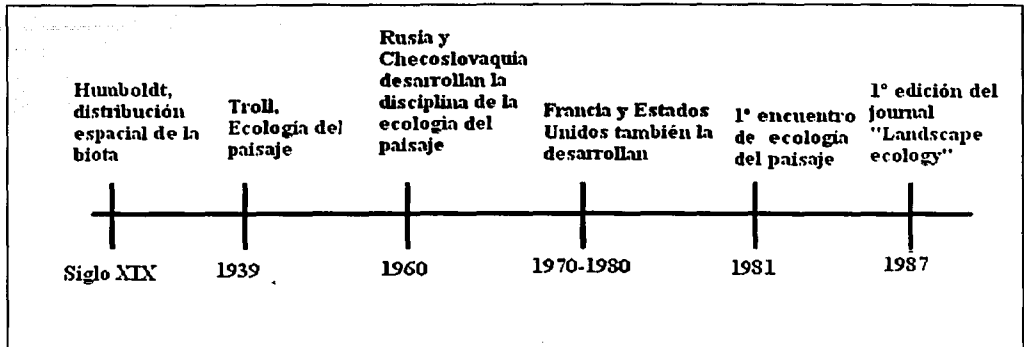


Figura 1: Desarrollo cronológico de la ecología del paisaje

Los efectos de las escalas espaciales y temporales deben ser consideradas en la ecología del paisaje. Un paisaje puede ser considerado como un área espacialmente heterogénea, debido a ello, la estructura, función y cambio, elementos característicos del paisaje, son dependientes de la escala. Dichos elementos se definen de la siguiente manera:

- a) *Estructura*.- es la relación espacial entre los distintos ecosistemas. Esto es, la distribución de energía, materiales y especies con relación al tamaño, forma, número, tipo y configuraciones de los componentes.
- b) *Función*.- son las interacciones entre los elementos espaciales: flujo de energía, materiales y organismos alrededor de los componentes del ecosistema.
- c) *Cambio*.- es la alteración en la estructura y función del mosaico ecológico a través del tiempo.

Unidades de paisaje.- Varios autores han dado distintas definiciones de lo que son unidades de paisaje. Naveh & Lieberman (1984), definen una unidad de paisaje como un área homogénea en suelo, clima, potencial biológico, etc, que se puede plasmar en un mapa y cuyos límites se determinan por un cambio en una o más características. Zonneveld (1995) define al paisaje como la unidad mínima cartografiable que permite indicar espacialmente los principales componentes de un ecosistema. Para Forman & Godron (1986) el paisaje es un área terrestre heterogénea compuesta de un conjunto de ecosistemas interactivos que se repiten en forma similar, a lo largo de un área dada.

Ecología del paisaje enfocada a la planificación.- Existen varios enfoques para realizar estudios sobre regionalización geomorfológica orientada a la planificación, uno de ellos es el de la ecología del paisaje. El cual tiene como objetivo primordial conocer la dinámica de los procesos ecológicos y su variación temporal, e integrarlos a la dinámica espacial de los ecosistemas, con objeto de aportar información y criterios para el manejo ecosistémico dentro del contexto de planificación del uso de la tierra o suelo, aproximándose al ordenamiento territorial (Forman & Godron, 1986).

Esta disciplina utiliza el método de levantamientos el cual se basa en la realización de un análisis integrado de los factores formadores del paisaje, es decir, litología, geoformas, hidrología, suelos, vegetación, uso de la tierra, y asentamientos humanos, apoyado en el estudio de los patrones visibles (fenosistémicos), los cuales están compuestos de aspectos fisonómicos o estructurales externos. Los patrones expresan la integración de los factores (Zonneveld, 1995).

Las fuentes de información utilizadas en este tipo de estudios se clasifican en: de primera mano, como es la interpretación de imágenes de satélite y fotografías aéreas, así como de la información obtenida en campo y en fuentes de segunda mano, representadas por la cartografía topográfica y temática disponible, e información bibliográfica.

El Centro de Investigaciones Aeroespaciales de Colombia (CIAF) y el Instituto Geográfico Agustín Codazzi, clasifica los estudios de levantamientos y de inventario según su nivel de análisis en: exploratorio, de reconocimiento, semidetallado y detallado (tabla 1).

Tabla 1: Nivel de análisis de los estudios de ecología del paisaje según (CIAF)

Nivel de estudio	Escala de análisis
Exploratorio	>1: 250 000
Reconocimiento	1:75 000 – 1: 250 000
Semidetallado	1: 25 000 – 1: 75 000
Detallado	<1: 25 000

Para la distribución de las unidades de paisaje en el espacio, Zonneveld, (1995) propuso la siguiente clasificación jerárquica de acuerdo a la superficie evaluada.

1.-*Ecotopo* (o sitio).- es la unidad de paisaje holística más pequeña caracterizada por una homogeneidad de al menos un atributo de la geósfera (atmósfera, vegetación, suelo, rocas, agua) y sin muchas variaciones en los demás atributos.

2.-*Faceta terrestre*.- es una combinación de ecotopos o sitios que forman un patrón de relaciones espaciales y están muy relacionados con al menos uno de los atributos de la tierra (generalmente con la forma del terreno).

3.-*Sistema terrestre*.- es una combinación de las facetas del terreno que forman unidades de mapeo en una escala de reconocimiento.

4.-*Paisaje principal*.- es una combinación de los sistemas de terreno en una región geográfica.

El procedimiento para realizar levantamientos incluye tres fases según Zonnenveld (1995) y Etter (1991).

Fase preliminar.- consiste en la elaboración de un modelo hipotético preliminar del área de estudio, representado por mapas o esquemas con base en la información disponible y con el conocimiento previo. Esta fase incluye el planteamiento de objetivos, definición del nivel de detalle, delimitación el área en estudio, recopilación y estudio de la información de segunda mano a fin de proporcionar un marco de referencia acerca de la geología, geomorfología, uso de suelo, etc., con base en fotointerpretación y elaboración de cartografía preliminar, además del diseño y elaboración de un plan de muestreo y trabajo de campo.

Fase de campo.- donde se realiza la comprobación y la caracterización específica del modelo o mapas preliminares. Contempla el reconocimiento general del área en estudio, muestreo de las variables, aspectos biofísicos y socioeconómicos en las unidades preliminares de mapeo.

Fase final.- se analiza la información de campo, se realiza el ajuste necesario y la elaboración del modelo definitivo. Esta fase involucra la identificación, análisis de laboratorio y ordenación del material de campo, determinación de unidades de clasificación para diversos parámetros, análisis de matrices de correlación, reinterpretación de imágenes y fotografías aéreas, ajustando una leyenda y cartografía final, hasta llegar a la elaboración del informe definitivo.

Mendoza y Bocco (1998), afirman que el enfoque de la ecología del paisaje, sea tal vez, el más integral de todos. La contribución principal es el enfoque sistémico en la interpretación de las

unidades de mapeo. Se deben hacer análisis a niveles detallado y semi detallado, utilizando la jerarquía holística inferior, el ecotopo y aplicando la metodología que se acaba de describir en los párrafos anteriores. En este tipo de estudios también es muy importante considerar la variable antropogénica, ya que ella estará presente en casi todos los estudios ecológicos debido a que el factor social forma parte del medio ambiente y la ecología del paisaje toma en cuenta al hombre y a su entorno

Importancia de la zonificación por unidades de paisaje.- Siempre es de mayor utilidad clasificar y ordenar las regiones naturales de acuerdo a sus características. De esta forma será más sencillo entenderlas y manejarlas, a través de una visión más integral de lo que se tiene. El saber qué hay, dónde está y en qué estado se encuentra es de suma importancia para la conservación de una especie o de una zona. El tener zonificada una zona con base en los atributos de la tierra es una herramienta fundamental para cualquier trabajo que se requiera hacer posteriormente en el área.

En particular, la evaluación de las tierras fue desarrollada como un método estructurado para obtener información actual y potencial sobre los recursos de la tierra (Putte, 1989). Según Bronsveld (1994) la planificación del uso del suelo permite identificar los usos de la tierra que satisfacen mejor las metas específicas del desarrollo.

También, el hecho de tener la información integrada, es muy importante para ayudar a la comunicación y la cooperación entre las partes para el proceso de desarrollo, ligar los estudios de los recursos naturales con los procesos de desarrollo social y económico, mejorar la eficiencia en el uso de los recursos disponibles para el desarrollo y para ayudar a asegurar que todas las partes en el proceso de desarrollo estén trabajando para los mismos fines en proyectos que tengan una alta utilidad tanto económica como social (Luning, 1985).

Unidades de paisaje como base de programas de planificación ambiental.-El uso de las unidades de paisaje en la planificación del uso de la tierra facilita el proceso de integración combinando tanto los aspectos biofísicos y los socioeconómicos en la descripción y cuantificación de los sistemas de usos de la tierra (Mohamed, 2000).

Putte (1989), describe las relaciones entre evaluación del terreno y los proyectos de planificación del uso de la tierra. La planificación ambiental, como se mencionó anteriormente, es la organización de propuestas derivadas de estudios que tienen como fin facilitar la toma de decisiones relacionadas con problemas de índole ambiental. Para el manejo de los recursos naturales resulta sumamente importante tener un plan de acción y uno de los instrumentos más importantes de la planificación ambiental es el ordenamiento ecológico. Este tiene como objeto evaluar el potencial de la tierra, el agua y las diferentes alternativas de su uso, con base en condiciones físicas, sociales y económicas con la finalidad de adoptar las mejores opciones para el uso de la tierra que sean benéficos para la sociedad sin degradar los recursos naturales del área. Esto cada vez se vuelve más difícil debido a la explotación y el manejo inadecuado de los recursos naturales, a consecuencia del desconocimiento de los procesos ecológicos (Martínez, 2000). A continuación se justifica el por que hacer un estudio que proporcione bases para la planificación ambiental en la cuenca alta del río Magdalena.

Justificación

Los ecosistemas que más han resentido el efecto de las actividades humanas son los que se localizan en la periferia de los grandes asentamientos urbanos. La ciudad de México es un ejemplo muy elocuente. En los últimos años, la mancha urbana de la llamada zona metropolitana ha crecido más de 400% y sus áreas verdes se han reducido de manera alarmante (Ezcurra, 1990). El problema es especialmente grave en las laderas y cañadas localizadas en el sur y poniente del valle de México, debido a que en ellas se recargan los mantos acuíferos que abastecen a la propia ciudad y que son zonas particularmente ricas en términos biológicos (Bonfil *et al.*, 1997). La cuenca alta del río Magdalena es un ejemplo de esto. El río que le da su nombre es uno de los cuerpos de agua más importantes de la Ciudad de México y es empleado como fuente de abastecimiento de agua potable. Además, las masas forestales de la cuenca alta del río Magdalena permiten la infiltración del agua de lluvia que se integra al manto acuífero de la Cuenca de

México. Según Mazari (2000), el 70 % del agua que se consume en el Distrito Federal proviene del subsuelo, por ello, de acuerdo con Garza (2000), la importancia de proteger el área de bosques de la Magdalena Contreras no sólo es vital para preservar su fisonomía, sino también para garantizar la sustentabilidad de la zona Metropolitana de la Ciudad de México.

Para la conservación de los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, es necesario realizar estudios que nos permitan evaluar el estado de alteración de los bosques y así elaborar planes de manejo más acordes con la problemática del lugar.

Por lo mencionado anteriormente, un estudio de zonificación de la cuenca por unidades de paisaje, es significativo tanto para integrar la información ambiental del área, como también, para proporcionar información que pueda servir para generar un programa de planificación ambiental para la región. Cabe mencionar que este estudio forma parte de un proyecto integral que se está realizando en el laboratorio de biogeografía para la cuenca alta del río Magdalena; este macroproyecto incluye tesis de licenciatura y maestría, por lo tanto, mucha información se obtuvo de manera conjunta.

Para este proyecto, se proponen los siguientes objetivos:

Objetivos

General

- Definir las unidades de paisaje de la cuenca alta del río Magdalena como base fundamental para la planificación ambiental de la zona.

Particulares

- Elaborar un mapa de unidades de paisaje a partir de la integración de la información biológica, física y socioeconómica.
- Indicar la importancia de las unidades de paisaje para la planificación ambiental de la zona.

Descripción de la zona de estudio

Ubicación de la cuenca.- La cuenca alta del río Magdalena, recibe diversos nombres tales como "cañada de Contreras", "Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras" o "Los Dinamos". Esta última, deriva su nombre de las plantas hidroeléctricas o dinamos que se instalaron desde 1897, con la finalidad de aprovechar la potencia y caudal de las caídas de agua del río. Estas plantas se encontraban instaladas en diferentes puntos y altitudes del río; en total sumaban 5, cada una de las cuales tenían tomas de distribución distinta y se encargaban de surtir de energía eléctrica a diferentes fábricas. Actualmente ninguno de los dinamos está en uso.

En el presente trabajo se denomina cuenca alta del río Magdalena en base a su caracterización hidrológica. La mayor parte de la cuenca se encuentra en la delegación Magdalena Contreras, aunque también cubre una parte de las delegaciones Alvaro Obregón y Cuajimalpa.

La zona de estudio se encuentra enclavada en la Sierra de las Cruces en el límite suroccidental del Distrito Federal dentro de la cuenca de México. Esta es una sierra meridional del Eje Volcánico Transmexicano localizada en la porción suroeste de la cuenca del valle de México (Fig. 2). La cuenca alta del río Magdalena es de forma alargada, su eje mayor va de suroeste a noroeste y su eje menor de norte a sur (Ontiveros, 1980). Colinda al sureste con la cuenca del río Eslava, al noroeste con las cabeceras de las cuencas de los ríos Hondo, Mixcoac, Barranca de Guadalupe y San Miguel; estos se unen al río de la Magdalena en la parte baja y forman el río Churubusco donde son entubadas.

La cuenca cubre una superficie de 34.8 km². Sus coordenadas geográficas extremas son: 19° 15' latitud norte y 99° 17' 30 " longitud oeste.

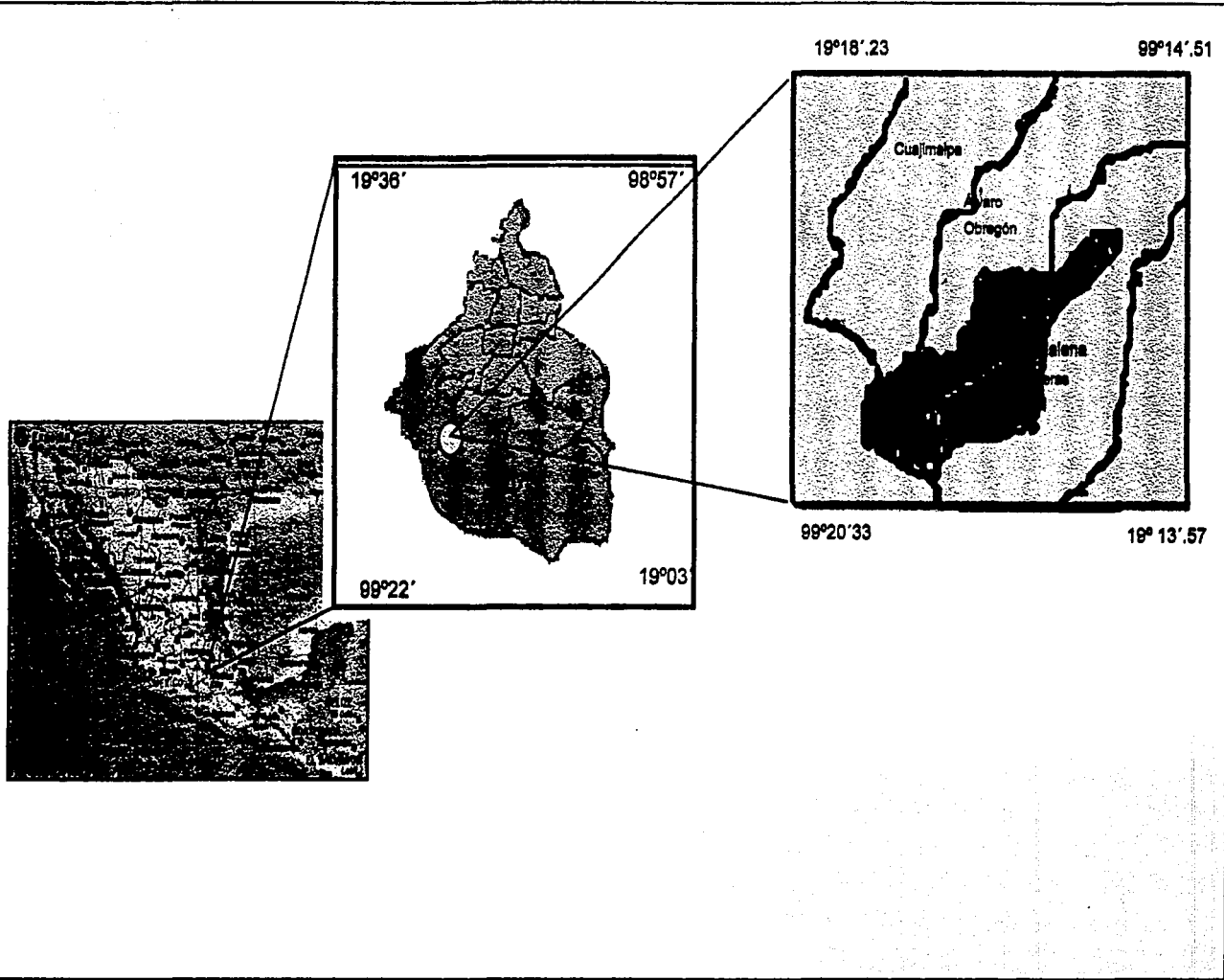


Fig 2: Ubicación geográfica de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Situación actual de la cuenca.- El Distrito Federal cuenta con 87 mil ha de Suelo de Conservación. Allí se encuentra el área natural protegida conocida como “Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras” (ZPF) declarada en 1932. Esta equivale a la parte alta de la cuenca del río Magdalena (Ávila-Akerberg, 2002). Existe un desorden administrativo y no es claro a quién compete su administración y qué restricciones de uso presenta. Actualmente cuenta con un acuerdo y un decreto de protección. El primero corresponde a la declaratoria del acuerdo de 1932 en la que se declaró la “ZPF Cañada de Contreras” con una extensión de 3,100 ha y el segundo es un decreto presidencial hecho en mayo de 1947 en el que se declara “Zona de Protección Forestal del río Magdalena” a la zona comprendida por una faja de 12 km desde su nacimiento aguas abajo y anchura de 500 metros a cada lado de su cauce”. Por otro lado, el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal, publicado oficialmente en el 2000, se contrapone al acuerdo y al decreto, considerando como área natural protegida una superficie de 215 ha con categoría de Zona Protectora Forestal (Eguiarte *et al.*, 2002).

Geología.- La cuenca alta del río Magdalena es una formación de material ígneo extrusivo, producto de manifestaciones volcánicas del Terciario y Cuaternario. Predominan las andesitas y dacitas.

Geológicamente, la zona presenta diferentes etapas en su evolución estratigráfica, relacionada directamente con el origen de la Cuenca del Valle de México. La sierra de las cruces, donde se encuentra el área de estudio, tiene su origen en las series volcánicas que dieron lugar a la cuenca, estas fueron siete y sucedieron durante el Terciario medio hasta el Pleistoceno en el Cuaternario. En el Cretácico, el área en que hoy se asienta la cuenca de México, estuvo ocupada por la transgresión de agua marina, a finales de dicho periodo comenzó el plegamiento y emersión de las formaciones marinas hasta el Eoceno superior, tiempo en que inició el vulcanismo (Álvarez, 2000).

Hubo un tiempo en que las manifestaciones volcánicas cesaron y se originaron fallas en la parte meridional de la cuenca de México, de las cuales no hay una ubicación precisa, pero en la Sierra de las Cruces existen paredes abruptas a una altitud de 2800 m snm y en este afallamiento corre el río Magdalena (Álvarez, 2000). Las fracturas que existen en la cuenca del río Magdalena se localizan en el oeste y en su mayoría tienen un rumbo al oriente. Algunas siguen una dirección

suroeste-noreste, así como otras recorren de oeste a este. Existen fracturas que han sido ocupadas por corrientes tales como los arroyos: Las Regaderas, El Agua escondida y El Potrero. Otras se encuentran al este del cerro Piedra de Agua y Coconetla, al sur del cerro Tarumba y Coconetla, al sur y al este del cerro El Aguajito y Piedras Escondidas y al este de los cerros Sasacapa y Las Palomas. Al este del Camino a los Dinamos, entre los 2500 y 3000 m snm, se localizan diversas fracturas que se hayan entrecruzadas.

Geomorfología.- Los bosques templados de la cuenca alta del río Magdalena se configuran en un relieve montañoso, la altitud mínima que presenta es de 2500 m snm en el norte y en el sur lleva un continuo ascenso, allí alcanza las mayores cotas con un registro máximo de 3810 m snm en las cumbres cercanas al Estado de México (Álvarez, 2000).

Las elevaciones más importantes de la cuenca se encuentran entre los 3200 y los 3810 m snm (tabla 2). Entre las cañadas más importantes se encuentran: Tlalpuente, Cainotitas, Atzoma y Tejocote, ubicadas en la parte central de la Delegación Magdalena Contreras. También existen numerosas barrancas en las cuales, la presencia de manantiales es frecuente, un ejemplo es Barranca Chica (delegación Magdalena Contreras, 2002).

Tabla 2: Principales elevaciones de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Nombre	Altitud (m snm)
Cerro Palmas	3810
Nezehuiloya	3760
Cerro Palmitas	3700
Cerro San Miguel	3630
Cerro Panza	3600
Tarumba	3470
Pico Coconetla	3400
El Aguajito	2350
Cerro Sasacapa	3250
Piedras Encimadas	3200

Hidrología.- El río Magdalena nace en las estribaciones de los cerros de la Palma, San Miguel, Cochinos, Coconetla entre los más importantes, a una elevación aproximada de 3650 m snm, teniendo un curso de dirección noreste. Los manantiales de Cieneguillas, los Cuervos, San Miguel Ceresia, Temascalco, San José, Potrero, Apaxtla, las Ventanas y Pericos son las fuentes de alimentación y afluentes de este río. También recibe otros afluentes como los arroyos de Ventanas, el de Pericos, los de Cuaxuya, Cerería, Malancoachac, Lihuaya y Potrero. El río presenta fases en su escurrimiento derivadas de las características geológicas de la cuenca, variando tanto el tipo de cauce como de caudal a lo largo de su recorrido. Esto se manifiesta a través del encajonamiento del río, caídas de agua y formación de meandros (Ontiveros, 1980). Tiene un cauce de una longitud aproximada de 21 600 m, de los cuales 11000 m se encuentran ubicados en los bosques de la cuenca. El río cuenta con un escurrimiento perenne debido a los manantiales que lo surten. Una porción de esta agua es captada por la planta de tratamiento localizada en el Primer Dinamo y otra parte continúa hasta unirse al río Mixcoac y formar el río Churubusco, después continúa el trayecto por un canal de desagüe para salir de la cuenca del valle de México a través de los túneles artificiales de Tequisquiác, donde llega a la cuenca del río Tula, prosigue hasta la presa hidroeléctrica Zimapán, en la confluencia del río San Juan para formar el río Moctezuma en el cañón del infiernillo. A partir de este sitio, una parte del agua viaja por un túnel de desfogue hasta la casa de máquinas en la comunidad Las Adjuntas y prosigue el curso al noreste del país hasta integrarse al río Pánuco en Tamaulipas y finalmente desembocar al Golfo de México (Álvarez, 2000).

Suelo.- La cuenca alta del río Magdalena tiene diversas unidades edáficas, las cuales se han desarrollado a partir del sustrato geológico volcánico, así como por la descomposición y acumulación de plantas y animales (humus). La acción de los elementos climáticos sobre el relieve ha contribuido a la formación de los suelos. Con base en la clasificación de la FAO-UNESCO (1991) los tipos de suelo presentes en la zona de estudio son los siguientes:

1) **Andosol.-** suelo derivado de cenizas volcánicas de actividad reciente, contiene una capa superficial negra y muy oscura, retiene mucho fósforo, adecuado para el crecimiento de bosques y susceptibles a la erosión. En el área se encuentran varios subtipos de andosoles como:

a) **Andosol húmico**: presenta una capa superficial color negro, con alto contenido de materia orgánica, muy ácida y pobre en nutrientes.

b) **Andosol ócrico**: se caracteriza por tener una capa superficial de color claro y pobre en materia orgánica.

c) **Andosol mólico**: presenta una capa superficial de color negro, con alto contenido de materia orgánica y nutrientes.

En la cuenca alta del río Magdalena el suelo predominante es el Andosol húmico. En la porción suroeste, en el límite con el Estado de México se encuentra una pequeña unidad de Andosol ócrico y en la parte este, en el límite con la delegación Tlalpan entre los 3000 y 3100 m snm se encuentra acompañado por Andosol mólico (Álvarez, 2000).

2) **Litosol** o suelo de Piedra: se desarrolla en terrenos montañosos y en menor medida en los planos. Este suelo se encuentra en la porción norte de la cuenca, entre el río Magdalena y los cerros Meyuca y Cajetes, así como al oeste en el límite de la delegación Álvaro Obregón, entre los 3300 m snm y los 3400 m snm de altitud (Álvarez, 2000).

3) **Feozem** o tierra parda: se caracteriza por presentar una capa superficial oscura, suave y con alto contenido de materia orgánica y nutrientes. En la zona de estudio se encuentran unidades de Feozem háplico, localizadas de manera interrumpida en el límite con el área urbana de las delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan, o sea al norte y al este de la cuenca (Álvarez, 2000).

Clima.- El gradiente altitudinal de la cuenca alta del río Magdalena permite la presencia de dos tipos de Clima: En la parte urbana y en el bosque hasta los 3050 m snm se presenta el clima C (w2)(w)b(i'). Este es un clima templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos con régimen de lluvias en verano y porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. El verano es fresco y largo y existe poca oscilación térmica (Álvarez, 2000). En la parte más alta entre los 3100 a los 3800 m snm, se presenta el clima C (b') (w) b i, semifrío con verano fresco largo, régimen de lluvias en verano, lluvia invernal menor al 5% e isotermal (Álvarez, 2000). Aunque la cuenca del Valle de México se localiza en la zona intertropical, el aumento de altitud influye en el descenso de la temperatura. Entre el primer y cuarto dínamo, la isoterma media anual disminuye de 13.7 a 9.4° C. A partir de este punto y hasta la zona más alta de la delegación Magdalena Contreras, la isoterma marca una temperatura de 5.2° C (Álvarez, 2000). La precipitación en la cuenca alta del

rio Magdalena aumenta en cantidad conforme hay ascenso de altitud, por lo tanto, el menor valor se tiene a la altura del primer dinamo donde cruza la isoyeta que marca los 1000 mm, en el cuarto dinamo la isoyeta que corresponde es la de los 1200 mm y en la parte suroeste de este bosque la precipitación asciende hasta los 1500 mm (Álvarez, 2000). También es importante destacar que en los últimos años los aguaceros más intensos del Valle de México se han registrado en la Delegación Magdalena Contreras, por el mes de julio (Fig. 3). Las precipitaciones en forma de granizo tienen lugar con mayor frecuencia en la temporada de lluvia; y su promedio anual es de 4.3 días. La niebla se presenta también en esta temporada y comprende además los meses de noviembre y diciembre. Las nevadas son escasas, su promedio es de 0.5 días por año y normalmente se presentan de noviembre a febrero. El rocío alcanza su máxima frecuencia de septiembre a diciembre (delegación Magdalena Contreras, 2003).

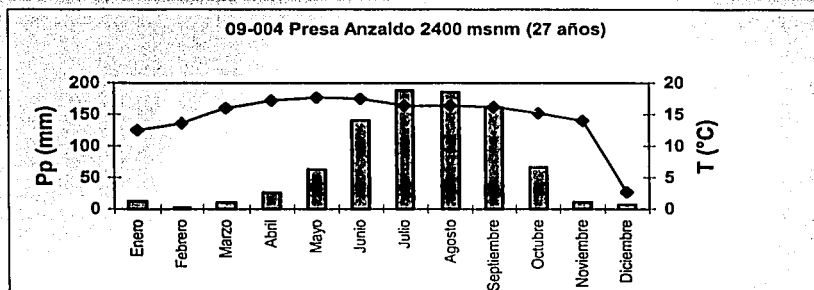


Figura 3: Gráfica de temperatura y precipitación de la estación Anzaldo, D.F.

Flora y vegetación.- De acuerdo con Avila-Akerberg (2002), se ha registrado para el área una lista florística de 532 especies pertenecientes a 92 familias y 274 géneros de plantas vasculares. Las familias con mayor número de especies son Compositae 14%, Gramineae 8%, Cruciferae 4% y Leguminosae 4%, y las de mayor número de géneros son: Compositae 18.8%, Gramineae 7.9%, Cruciferae 2.6% y Leguminosae 3.9%. Los géneros con más especies en el área son: *Eupatorium* y *Senecio* con 13 especies cada uno, y *Salvia* con 12. En la cuenca el estrato herbáceo es que el predomina en número de especies, seguido por el arbustivo y finalmente el arbóreo. Pero en cobertura vegetal el estrato arbóreo es el dominante.

Las comunidades vegetales determinadas por Avila-Akerberg (2002), se describen a continuación.

Comunidad de *Quercus rugosa* – *Q. laurina*.- Los bosque de *Quercus* son frecuentes en la zona montañosa de la cuenca de México y junto con los pinares, los encinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo en México (Rzedowski, 2001). En la zona de estudio se encuentran entre los 2600 y 3000 msnm. El estrato arbóreo esta dominado por *Quercus rugosa* con coberturas de hasta 80%. Casi siempre se encuentra asociado con *Quercus laurina* y a veces con *Quercus crassipes*. Se desarrolla en pendientes de 20 hasta 60%. El suelo está cubierto generalmente por una capa de hojarasca.

Comunidad de bosque Mesófilo de Montaña.- Esta comunidad se desarrolla en laderas abruptas y fondos de algunas cañadas entre los 2500 y los 2800 m snm en sitios protegidos de insolación fuerte y vientos (Rzedowski, 2001). Dentro de la zona de estudio, se encuentra en pequeños manchones cerca del primer y segundo dinamo, entre los 2650 y los 2800 m snm; en zonas de alta humedad por donde fluyen pequeños arroyos o cercanas al río Magdalena. Esta comunidad se encuentra muy deteriorada.

Comunidad de bosque Mixto.-Se encuentra en la parte media de la cuenca, de los 2800 a los 3200 m snm. Representa una transición entre el bosque mesófilo de montaña y el bosque de *Quercus* a la comunidad de *Abies religiosa*

Comunidad de *Abies religiosa* –*Senecio angulifolius*.- Confinada a laderas de cerros y a menudo protegidos de la acción de vientos fuertes y de insolación intensa, se encuentran los bosques de oyamel que se ven limitados para la cuenca de México, a cañadas o barrancas más o menos profundas ofreciendo un microclima especial (Rzedowski, 2001).

En la zona de estudio, el bosque de *Abies religiosa* se encuentra a altitudes que van de los 2900 hasta los 3500 m snm. En extensión es el bosque más amplio dentro de la cuenca alta del río Magdalena. Arriba de su límite altitudinal superior, se le puede encontrar en laderas de cerros con orientación norte en transición con individuos de *Pinus hartwegii*. Se presenta en pendientes que van desde planas hasta inclinadas, pero los rodales más vigorosos se desarrollan en pendientes de 30%. El estrato arbustivo puede ser muy denso, probablemente por perturbación.

Comunidad de *Pinus hartwegii*–*Trisetum altijugum*.- En general, los pinares son comunidades características de las montañas de México entre los 2350 y los 4000 m snm. Se trata de diversas asociaciones vegetales en las que prevalecen especies diferentes del género *Pinus* (Rzedowski, 2001). En la zona de estudio, la comunidad de *Pinus hartwegii*–*Trisetum altijugum*, se distribuye

desde los 3400 hasta los 3750 m snm. Este bosque se ha visto afectado por incendios y en algunos puntos de la cuenca se pueden apreciar individuos quemados. En las partes más altas se asocian con zacatonal alpino. Las pendientes en las que se desarrolla son por lo general planas aunque también se encuentra en laderas con pendientes de hasta el 40%.

Fauna.- De acuerdo con el trabajo de Álvarez (2000) existe una alta diversidad faunística en la sierra de las Cruces, sin embargo, la sobre-explotación y los cambios en su hábitat derivados por la ocupación del territorio para desarrollar actividades humanas, provocó que especies halladas aún en tiempos prehispánicos ahora se encuentren extintas. Entre estas están el ciervo, gato cervical (tlacoocelotl), tacomiztli, lobo cuiltlamaztl (lobo bastardo) y el lobo itzcuinquantl (lobo comedor de perros), coyotes, oso hormiguero, gato montés, mapache, tlacuache, liebres, conejos, comadreja, zorras, musarañas, armadillos, tuzas, ratones montañero y alfarero, cacomitle, zorrillos, lince, venados y diversas clases de ardillas como techalot y tlatechalot. También existieron diversas aves preciosas y de rapiña. En la actualidad existen gallinas, gavilanes, colibríes, pájaros carpinteros, papamoscas, golondrinas, saltaparedes, primavera, duraznero y gorrión. Entre la herpetofauna de la cuenca, se encuentran lagartijas (*Sceloporus microlepidotus*), camaleones (*Phrynosoma orbiculare*), víboras de cascabel (*Crotalus triseriatus*, *Crotalus polysticus*) y culebras (*Thamnophis melanogaster*). También anfibios como salamandras, ranas y ajolotes y una gran variedad de insectos.

Aspectos históricos y socioeconómicos.- Aunque la cuenca alta del río Magdalena incluye tres delegaciones del Distrito Federal, solo se mencionarán algunos aspectos sociales e históricos de la delegación Magdalena Contreras ya que es la que abarca más superficie dentro de la zona de estudio.

En 1303, el monarca de Culhuacán permitió a los aztecas que habían sido expulsados de la zona de Azcapotzalco, asentarse en un área pedregosa junto a un río donde prosperaron y fundaron 4 pueblos: Atlitlic, “piedra de agua”, Aculco, “lugar del cuculin”, Ocotepc, “lugar de ocotes” y Totolapan, “lugar de totoles o guajolotes” (Garza, 2000).

Después de la conquista española se inició la evangelización del área y se construyó un templo dedicado a Santa María Magdalena, pronto se denominó al lugar la Magdalena Atlitlic.

Posteriormente, en la segunda década del siglo XVII, se empezó a difundir el nombre de Contreras, apellido de Tomás y su hijo Diego, que poseían una fábrica textil y que fueron muy apreciados por sus obreros por el buen trato que les daban.

Ya entrado el siglo XX, el 10 de diciembre de 1927, se publicó en el Diario Oficial de la Federación, un decreto para la creación del municipio de la Magdalena, pero un año después se transformó en la delegación Magdalena Contreras, al entrar en vigor la primera Ley Orgánica del Distrito Federal de 1928 (Garza, 2000).

Dinámica sociodemográfica.- La delegación Magdalena Contreras elevó su población de 21,955 habitantes en 1950 a 221,762 en 2000 (Fig. 4), esto es, la multiplicó por 10 mientras que el área metropolitana de la Ciudad de México lo hizo por 5. La fuerza de trabajo entre 1950 y 1990 se ha elevado proporcionalmente más que la población total, al crecer ambas 10.5 y 9 veces. También hubo un cambio en la estructura por edades de la población, pues el estrato en edad de trabajar de 15 a 64 años elevó su participación de 53% en 1950 a 67% en 1995. En este período, ocurrieron también cambios a nivel de educación, pues la población alfabeta aumentó de 88 % en 1970 a 96% en 1995 (Garza, 2000).

Estructura urbana.- Esta delegación presenta un afortunado dualismo en la forma en que utiliza su territorio. Se considera que tiene una superficie total de 6,389 ha de las cuales 3,434 constituyen la zona de preservación ecológica y el resto presenta usos urbanos y rurales. De aquí que la delegación cumpla 2 funciones importantes dentro de la trama metropolitana: lugar dormitorio, esencialmente habitacional y de protección del ecosistema, al contar con más de 3 mil ha de bosques que permiten la recarga de los mantos acuíferos y oxigenación del aire (Garza, 2000).

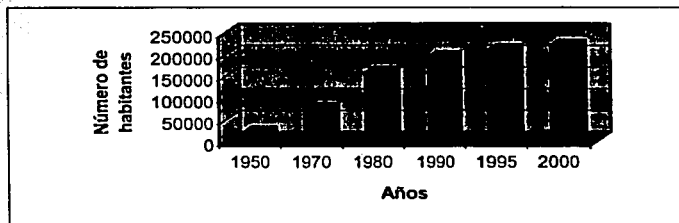


Figura 4: Dinámica poblacional de la delegación Magdalena Contreras

Materiales y método

Para la delimitación de las unidades de paisaje se utilizó la definición propuesta por Naveh & Lieberman (1984), quienes la definen como un área homogénea en suelo, clima, potencial biológico, etc., que se puede plasmar en un mapa y cuyos límites se determinan por un cambio en una o más características. Se aplicó la metodología de los levantamientos de ecología del paisaje propuesta por Zonneveld (1995) considerando las siguientes variables (tabla 3).

Tabla 3. Variables tomadas en cuenta para la delimitación de unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena

Variable	Criterios
Relieve	Zonas altas, medias y bajas
Geoforma	Laderas, valles, cimas, planicies
Altitud	2500-3800 m snm
Pendientes	0 -15° 15-30° 30-45° 45-90°
Suelo	Tipo de suelo Profundidad Textura pH Materia orgánica
Vegetación	Asociaciones vegetales
Datos socioeconómicos	Áreas de geoestadística básica

Esta metodología incluye en síntesis tres etapas:

a) Fase preliminar

Recopilación y análisis de la información existente.- Se recabó la información bibliográfica y cartográfica disponible sobre vegetación, suelo, topografía, e información socioeconómica de la región (tabla 4).

Clasificación preliminar del área de estudio.- La delimitación preliminar de la cuenca, se hizo a dos escalas (1:75 000 y 1:20 000).

Con la finalidad de marcar los límites de la cuenca e identificar geoformas, ríos, caminos, y cobertura vegetal, se hizo una fointerpretación de la zona utilizando un estereoscopio de espejo marca ZEIZZ y fotografías aéreas blanco y negro (pancromáticas) escala 1:75 000.

Con el objeto de tener una visión más detallada de la zona de estudio y hacer la clasificación preliminar de unidades de paisaje, se creó un mosaico con fotos aéreas a color escala 1:20 000. Las fotografías se ubicaron primeramente en un mapa topográfico para tener una idea de las variaciones del relieve, posteriormente se sobrepusieron en papel albanene al mosaico preliminar, marcando las zonas altas, bajas, planas, áreas urbanas, zonas con vegetación, densidad de la cubierta vegetal, principales ríos y carreteras. Con el análisis a las dos escalas se obtuvo el mapa preliminar de unidades de paisaje.

Tabla 4: Mapas temáticos y fotografías áreas utilizadas

Material	Escala	Año	Fuente
3 fotografías aéreas blanco y negro (pancromáticas)	1:75 000	1999.	INEGI
14 fotografías aéreas color (no corregidas)	1:20 000	2001	Instituto de Geografía UNAM
Mapa de vegetación en formato digital	1:20 000	2002	Avila-Akerberg, 2003
Mapa topográfico, digital y en papel	1:10 000	1986	carta urbana, referido a la carta 1:50 000 del INEGI
Mapa edafológico para el Distrito Federal, Regional 1 formato digital	1:250 000	1999	CORENA
Mapa de AGEBs para el DF	1:250 000	1990	INEGI

b) Fase de campo

El trabajo de campo se dividió en dos etapas:

Primero se realizó un muestreo conjunto de 59 levantamientos, los cuales fueron escogidos a partir de un muestreo estratificado aleatorio. En los levantamientos se tomaron datos de profundidad de suelo, vegetación, características de geoformas y muestras de suelo para análisis posteriores de pH y materia orgánica.

La segunda etapa del trabajo de campo, corresponde únicamente con el análisis de unidades de paisaje, en el cual se realizaron visitas de reconocimiento de la zona y salidas posteriores para verificar la fotointerpretación y corregir el mapa preliminar elaborado a partir de la interpretación de las fotografías aéreas.

c) Fase final

La definición preliminar de las unidades de paisaje se basó principalmente en la interpretación de fotografías aéreas en donde se identificaron zonas homogéneas. Para la delimitación final y para afinar la clasificación preliminar, basada en la fotointerpretación, se tomaron en cuenta las siguientes variables: geomorfología, altitud, pendiente, tipos de suelo, textura, profundidad, pH, materia orgánica, vegetación, y aspectos socioeconómicos. Estas variables fueron consideradas debido a la disponibilidad de la información y a la importancia para un estudio de esta índole. Cabe destacar que el clima no se tomó en cuenta debido a que no se contó con la información suficiente.

El análisis de esta información se hizo utilizando el sistema de información geográfica ILWIS.

A continuación se describe como se hizo el análisis de cada una de las variables utilizadas para la delimitación de las unidades de paisaje.

1) Mapa geomorfológico.- Con la fotointerpretación a escala 1:75000 y con la asesoría del Dr. José López se creó un mapa de unidades geomorfológicas. El cual primero fue hecho en acetato, después fue escaneado y posteriormente digitizado en pantalla con la ayuda del sistema de información geográfica ILWIS; donde se obtuvo un archivo de tipo vector que se transformó posteriormente en polígono para crear el mapa geomorfológico final.

2) Mapas derivados del mapa topográfico.- A partir del mapa topográfico 1:10 000 digitizado por Ávila- Akerberg (2002) se creó un modelo digital de elevación (MDE) en el ILWIS. Con base en esta información el SIG creó un mapa de altitudes, pendientes y orientación. El mapa de orientaciones no se presenta debido a que solo se utilizó para saber hacia donde estaban orientadas las pendientes y está representado por el SIG en forma tridimensional.

3) Mapas de suelos.-

El mapa de tipos de suelo fue creado a partir del mapa edafológico para la Regional 1¹ escala 1:250 000. Este se utilizó para complementar la información sobre unidades edáficas.

El mapa de texturas se creó a partir de un estudio de la Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural (COCODER, 1988)², realizado en 13 pozos dentro de la zona de estudio. Este trabajo indicaba los porcentajes de limo, arcilla y arena para cada pozo, con lo cual, se pudo determinar la textura para cada uno. Debido a que estos pozos no estaban georeferenciados, únicamente se pudieron ubicar 11 de ellos, los cuales se representaron como puntos dentro de un mapa de la zona de estudio.

El mapa de profundidad de suelo se realizó con la información de campo. Con la ayuda de una varilla de metal graduada se midió la profundidad del suelo de cada levantamiento, directamente en el momento del muestreo. Estos datos se ubicaron como puntos en un mapa de la cuenca.

Se obtuvieron datos de pH y materia orgánica de los 59 puntos de muestreo realizados en campo y con la información obtenida se realizaron los mapas correspondientes.

Se tomaron 10 g de suelo en cada levantamiento, los cuales se utilizaron para los análisis de pH y materia orgánica. Las pruebas realizadas se hicieron en el laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias. Estas fueron medición de pH en agua y KCl y determinación de materia orgánica por el método de Walkley y Black (1965). Los valores de materia orgánica obtenidos se clasificaron de acuerdo con la tabla 5. Los resultados de pH y materia orgánica se representaron como puntos en un mapa de la zona de estudio.

Tabla 5: Tabla de valores de materia orgánica, Aguilera (1989)

Valor	Porcentaje
Bajo	(0.8-2%)
Medio	(2-4%)
Medio alto	(4-8%)
Alto	(8-15%)
Muy alto	(15-30%)
Fuertemente alto	(> 30%)

¹ La Regional 1 abarca las delegaciones Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa

² Actualmente CORENA

4) Mapa de vegetación.- El mapa de vegetación está creado a partir de la adecuación del mapa de tipos de vegetación de Ávila-Akerberg (2003), dividido en tres comunidades vegetales: bosque mixto, bosque de *Abies* y bosque de *Pinus*. Y el trabajo florístico de Nava (2003), quien describe 8 asociaciones vegetales para la cuenca alta del río Magdalena. Además de esta información, se incluye el término de pastizales a zonas representadas por gramíneas en donde no se trabajó con detalle.

Para la leyenda del mapa se creó una clave para cada asociación

M1: *Abies religiosa-Quercus laurina*

M2: *Quercus laurina-Quercus rugosa*

M3: *Pinus patula -Cupressus lusitanica*

A1: *Acaena elongata-Abies religiosa*

A2: *Senecio angulifolius-Abies religiosa*

A3: *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*

P1: *Calamagrostis toluensis-Pinus hartwegii*,

P2: *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii*

P: *Pastizales*

5) Mapa de áreas de geoestadística básica.- Para la cuenca alta del río Magdalena se ubican cinco áreas de geoestadística básica (AGEB), definida como la mínima unidad poblacional, delimitadas en la integración terrestre por el INEGI, la cual está basada en características culturales y demográficas, usando para dividir las avenidas, ríos, accidentes geográficos o cualquier otra limitante tanto política como geográfica.

Para escoger el área de influencia para la cuenca, se consideraron las AGEB que estuvieran dentro de la zona de estudio o colindante con ella. Las AGEB consideradas pertenecen a la delegación Magdalena Contreras y son las siguientes: 042-3, 045-7, 046-1, 057-A y 058-4.

Se elaboró un mapa de AGEB de influencia para la cuenca, sobreponiendo el mapa de límite de la cuenca y el mapa de AGEB del INEGI para el Distrito Federal en formato ILWIS, asignándoles a ambos el mismo sistema de coordenadas. De esta manera se obtuvo la ubicación de cada AGEB y se determinó cuáles corresponden con el área de influencia.

Utilizando la información de los censos del INEGI (2000) y la división de las AGEB del mismo año, se seleccionó la información que se consideró más relevante para un estudio de esta índole.

Las características consideradas son:

- 1.- Población total
- 2.- Población de 15 años y más sin instrucción
- 3.- Población de 15 años o más con primaria completa
- 4.- Población de 15 años o más con instrucción posprimaria
- 5.- Población económicamente activa
- 6.- Población ocupada en el sector secundario
- 7.- Población ocupada en el sector terciario
- 8.- Población ocupada como empleado u obrero
- 9.- Población ocupada como jornalero o peón
- 10.- Total de viviendas habitadas
- 11.- Viviendas particulares con cocina exclusiva
- 12.- Viviendas particulares que utilizan gas para cocinar
- 13.- Viviendas particulares con drenaje conectado a la red pública
- 14.- Viviendas particulares con drenaje conectado a fosa séptica
- 15.- Viviendas particulares que disponen de energía eléctrica
- 16.- Viviendas particulares con agua entubada en la vivienda
- 17.- Viviendas particulares propias
- 18.- Viviendas particulares rentadas

Estos datos de registraron en una tabla y a partir de ellos se calculó el porcentaje de atributos seleccionados en cada AGEB. Posteriormente se hizo un análisis general de la zona de influencia humana que tiene esta cuenca.

Elaboración del mapa final de unidades de paisaje

El elemento rector de la definición de unidades de paisaje fue el mapa geomorfológico obtenido de la fotointerpretación. La vegetación fue el segundo atributo importante para esta delimitación. De tal manera que cuando en una unidad geomorfológica existía una diferencia significativa en el tipo de vegetación la unidad se subdividía. Las demás características de altitud, pendiente, suelos y datos socioeconómicos sirvieron para afinar las características determinantes de cada unidad de paisaje. El objeto final, fue obtener unidades de paisaje que tuvieran semejanzas en geomorfología y vegetación, con muy pocas diferencias en cuanto a suelo, profundidad, materia orgánica, pH, textura, orientación, altitud y pendientes.

Las unidades de paisaje se digitizaron en pantalla con la ayuda del programa ILWIS. Se nombraron con la letra U (unidad), seguida de un número correspondiente al tipo de relieve (del 1 al 23). En caso de que la forma del relieve tuviera diferencias en cuanto a las asociaciones vegetales, estas se subdividieron con letras A, B o C. Por ejemplo, la unidad geomorfológica 3 nombrada como laderas con drenaje, forma 3 unidades de paisaje definidas por la asociación vegetal, por lo que se denominan como 3A, 3B, 3C.

Elaboración del perfil de unidades de paisaje

Con la finalidad de relacionar los atributos del terreno con las unidades de paisaje y tener un mayor entendimiento de la zona de estudio, se elaboró un perfil de la cuenca alta del río Magdalena. Dicho perfil se hizo trazando una línea imaginaria que cruza a la cuenca por sus extremos de mayor longitud. Esta línea coincide con la altitud mayor en la porción suroeste y la altitud menor en la porción noreste. El perfil atraviesa 12 unidades de paisaje en donde se describe el relieve real para cada unidad, la asociación vegetal característica, el pH y la materia orgánica para cada caso.

Resultados

A continuación se describirán los resultados de las variables utilizadas en este estudio, primero de manera separada y posteriormente en la integración de unidades de paisaje

Mapas geomorfológico, altimétrico y de pendientes

Se identificaron y describieron para la cuenca un total de 23 unidades geomorfológicas que en su conjunto ocupan un área de cerca de 3000 ha. Estas unidades están definidas principalmente por el tipo de relieve que conforma la cuenca. En este se distinguen: zonas planas, cimas, pie de monte volcánico, laderas superiores, laderas agudas, ladera convexa, laderas con cimas agudas, laderas con material piroclástico, depresión volcánica, cerro erosivo, escarpes y valle erosivo (Fig.5). Por su origen, todas las unidades son montañas andesíticas del periodo Terciario. El mapa de altitudes (Fig. 6) muestra que la zona de estudio se sitúa en un intervalo que va de los 2570 en el noreste a los 3810 m snm en el suroeste. La parte más baja de la cuenca tiene un intervalo altitudinal más pronunciado que región más alta, la cual muestra una menor diferencia altitudinal. En la región central se observa como por donde pasa el río la altitud disminuye (3000-3300 m snm) y hacia el noroeste y el sureste, casi llegando al parte aguas de la cuenca la altitud aumenta considerablemente, llegando hasta los 3600 m snm. Esta zona es la que tiene laderas más agudas.

La cuenca presenta dos orientaciones principales, que están relacionadas con cada lado del río Magdalena. Una orientación general noreste y otra suroeste, pero cada geoforma tiene su propia orientación. Las pendientes van de 4° a 85° (Fig. 7). Las más frecuentes son entre los 15 y los 30°, aunque hay muchas zonas con pendientes de 0-15° las cuales se denominan zonas planas. También hay algunas laderas con pendientes mayores a 45°, estas muchas veces forman escarpes o pendientes agudas.

463911

474470

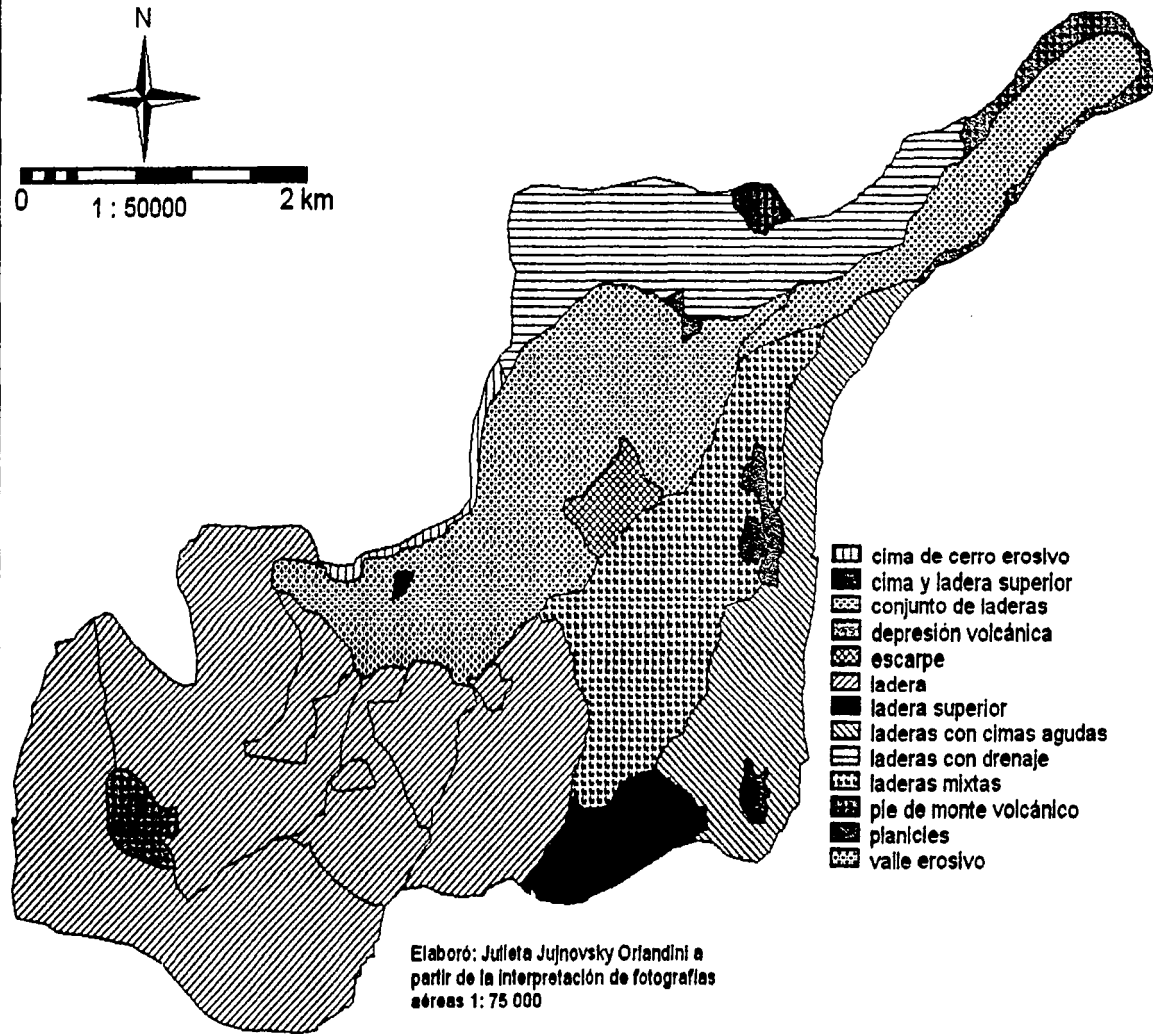
2134367

2134367



0 1 : 50000 2 km

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



- cima de cerro erosivo
- cima y ladera superior
- conjunto de laderas
- depresión volcánica
- escarpe
- ladera
- ladera superior
- laderas con cimas agudas
- laderas con drenaje
- laderas mixtas
- pie de monte volcánico
- planicies
- valle erosivo

Elaboró: Julieta Jujnovsky Orlandini a
partir de la interpretación de fotografías
aéreas 1: 75 000

2126127

2126127

463911

474470

Figura 5: Mapa geomorfológico de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

461987

474060

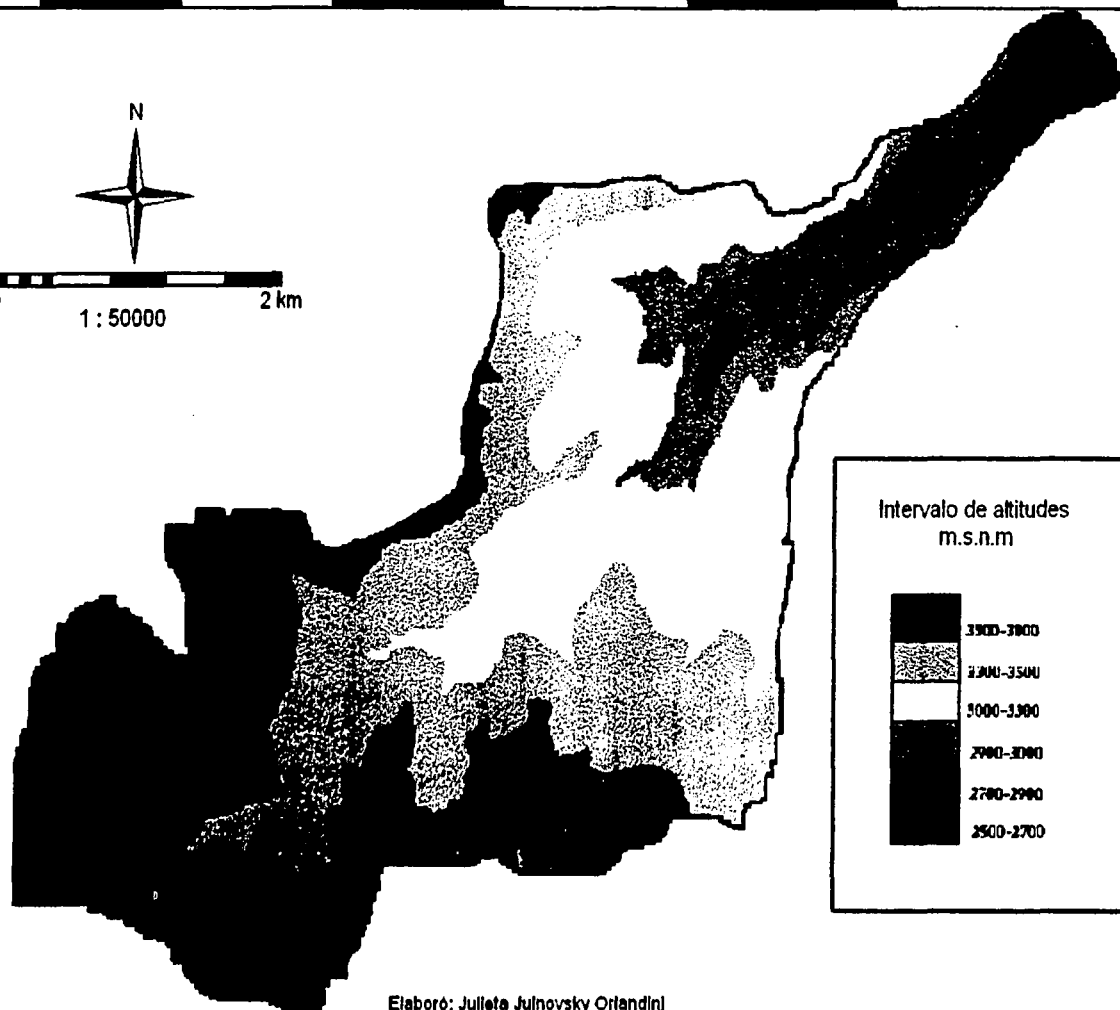
2135752

2133219

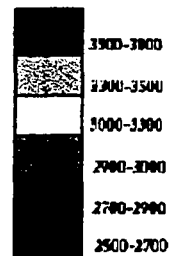


0 1 : 50000 2 km

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Intervalo de altitudes
m.s.n.m



Elaboró: Julieta Jujnovsky Orlandini

2125739

463563

2126089

473812

Figura 6: Mapa altimétrico de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

463820

474684

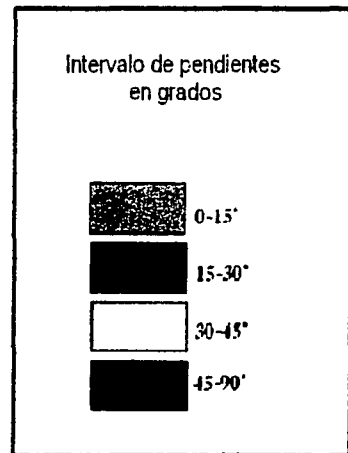
2134405

2134303



0 1 : 50000 2 km

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Elaboró: Julietta Juinovskv Orlandini

2128055

2125988

463719

474635

Figura 7: Mapa de pendientes de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Mapas de Suelo

Los suelos de la cuenca alta del río Magdalena son en su mayoría de tipo Andosol húmico, aunque también hay presencia de otros Andosoles: mólico y ócrico y mezclas con Litosoles, esto se aprecia en el mapa de tipos de suelos (Fig.8), el cual aunque da una idea general de la edafología de la zona.

La textura es de tipo: franco, migajón arcilloso y migajón arenoso (Fig. 9) El migajón limoso solo se encuentra en la porción suroeste y el migajón arenoso en la porción noreste. Los suelos de tipo Franco se encuentran distribuidos en toda la cuenca. En la tabla 6 se presentan los datos desglosados de profundidad, pH y materia orgánica obtenidos en campo y laboratorio, así como la ubicación de los 59 levantamientos en donde se obtuvo la información presentada en el trabajo. La profundidad de los suelos a lo largo de la cuenca varía de 5 a 50 cm (Fig. 10). El pH encontrado en la zona es ácido con valores desde 3 hasta 6.1 (Fig. 11) y el contenido de materia orgánica varía de 1 a 47% dependiendo de la zona (Fig.12).

Tabla 6: Datos de suelo en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F

Levantamiento	Coordenadas	Profundidad (cm)	pH agua		Materia orgánica	
				%		Niveles
C1	(468178.87, 2129389.19)	50	4.8	27.4		muy alto
C2	(472136.44, 2132493.81)	40	5.45	22.725		medio alto
C3	(464644.20, 2129150.55)	20	4.16	12.08		alto
C4	(464504.00, 2128961.82)	20	4.66	12.33		medio alto
C5	(466121.76, 2129970.18)	15	3.31	19.54		muy alto
C6	(466421.84, 2127657.46)	25	4.41	x		x
C7	(466071.25, 2126777.74)	20	4.07	16.65		muy alto
C8	(465892.66, 2126671.91)	25	4.68	21.41		muy alto
C9	(466540.90, 2127783.14)	x	4.5	40		fuertemente
C10	(468226.40, 2131275.18)	20	4.2	12		alto
C11	(467719.50, 2130121.23)	12	4.24	10.3		alto
C12	(466103.44, 2127617.07)	30	3.94	46		fuertemente
C13	(466610.07, 2128213.56)	35	4.49	13.4		alto
C14	(467581.37, 2129920.54)	40	4.66	21.4		muy alto
C15	(468004.03, 2130006.14)	30	5.01	18		muy alto
C16	(468169.89, 2130257.59)	30	4.65	35		fuertemente
C17	(468418.31, 2130960.14)	50	4.54	30		muy alto
C18	(468236.40, 2131000.26)	20	4.6	30		muy alto
C19	(468990.88, 2131662.16)	40	5.43	21		muy alto
C20	(468337.10, 2128835.16)	45	4.96	27.4		muy alto
C21	(468091.94, 2128723.33)	30	4.52	15.3		muy alto
C22	(468025.07, 2128525.38)	35	5.08	8.3		alto
C23	(467864.56, 2128037.36)	40	4.75	30.02		muy alto
C24	(467546.12, 2127763.34)	25	4.57	x		x
C25	(470382.35, 2130482.52)	45	5.56	10.6		alto

C26	(469691.96, 2130018.87)	50	5.22	10.7	alto
C27	(470133.35, 2130125.87)	50	4.66	9.3	alto
C28	(470850.38, 2130878.72)	50	5.01	9.4	alto
C29	(471831.00, 2132589.45)	35	5.96	13.6	alto
C30	(471906.69, 2132792.90)	25	5.46	4.14	medio
C31	(466621.56, 2128960.87)	40	4.76	21.3	muy alto
C32	(466455.71, 2129062.52)	35	5.28	20.7	muy alto
C33	(466209.60, 2129121.37)	23	5.05	9.6	alto
C34	(465849.40, 2128834.61)	25	4.5	6.9	medio alto
C35	(470090.65, 2132111.70)	30	5.2	24.9	muy alto
C36	(470451.79, 2132052.85)	45	5.24	6.3	medio alto
C37	(471045.76, 2132234.75)	15	5.43	22.7	muy alto
C38	(471628.94, 2132464.80)	18	6.1	7.9	medio alto
C39	(471104.61, 2130912.46)	50	4.38	9.4	alto
C40	(472022.38, 2132242.78)	40	5.59	1.03	bajo
C41	(472437.02, 2132467.48)	20	6.04	3.1	medio
C42	(472758.52, 2132850.66)	35	5.66	3.45	medio
C43	(468594.35, 2129989.70)	50	5.33	27.1	muy alto
C44	(467411.71, 2128945.96)	50	5.19	21.9	muy alto
C45	(464382.89, 2127856.39)	50	4.51	24.5	muy alto
C46	(464393.59, 2127463.17)	50	4.38	29.9	muy alto
C47	(464786.83, 2127409.67)	50	4.48	26.5	muy alto
C48	(466658.58, 2129724.21)	50	4.8	23.8	muy alto
C49	(466364.32, 2127167.58)	50	4.8	20.01	muy alto
C50	(468591.21, 2127679.17)	7	4.51	12.5	alto
C51	(469678.51, 2127984.12)	10	4.64	4.1	medio
C52	(470273.58, 2128144.62)	50	4.65	28.6	muy alto
C53	(470895.41, 2130066.61)	20	5.09	20.5	muy alto
C54	(469572.70, 2131212.84)	50	5.54	20.8	muy alto
C55	(470150.53, 2131849.49)	50	5.44	18.3	muy alto
C56	(470172.89, 2132487.19)	50	5.42	16.3	muy alto
C57	(469759.56, 2132651.14)	50	5.44	20.2	muy alto
C58	(466235.92, 2130193.00)	25	4.48	8.28	alto
C59	(467059.85, 2128313.82)	40	4.65	27.8	muy alto

La x significa que son datos erróneos, por lo que no se tomaron en cuenta.



0 1 : 50000 2 km

Unidades de suelo

- Andosol húmico
- Feozem luvico
- Feozem haplico
- Litosol, Andosol húmico
- Andosol húmico, Litosol
- Andosol húmico, Andosol ocríco
- Andosol ocríco, Feozem haplico
- Litosol, Andosol húmico
- Andosol húmico, Andosol ocríco, Feozem haplico
- Andosol húmico-Litosol
- Andosol húmico, Andosol ocríco
- Andosol húmico, Litosol
- Andosol húmico
- Andosol molico
- Andosol húmico, Litosol
- Andosol húmico, Litosol

Elaboró: Julieta Jujnovsky Oriéndini a partir del mapa edafológico para el Distrito Federal. CORENA, 1999.

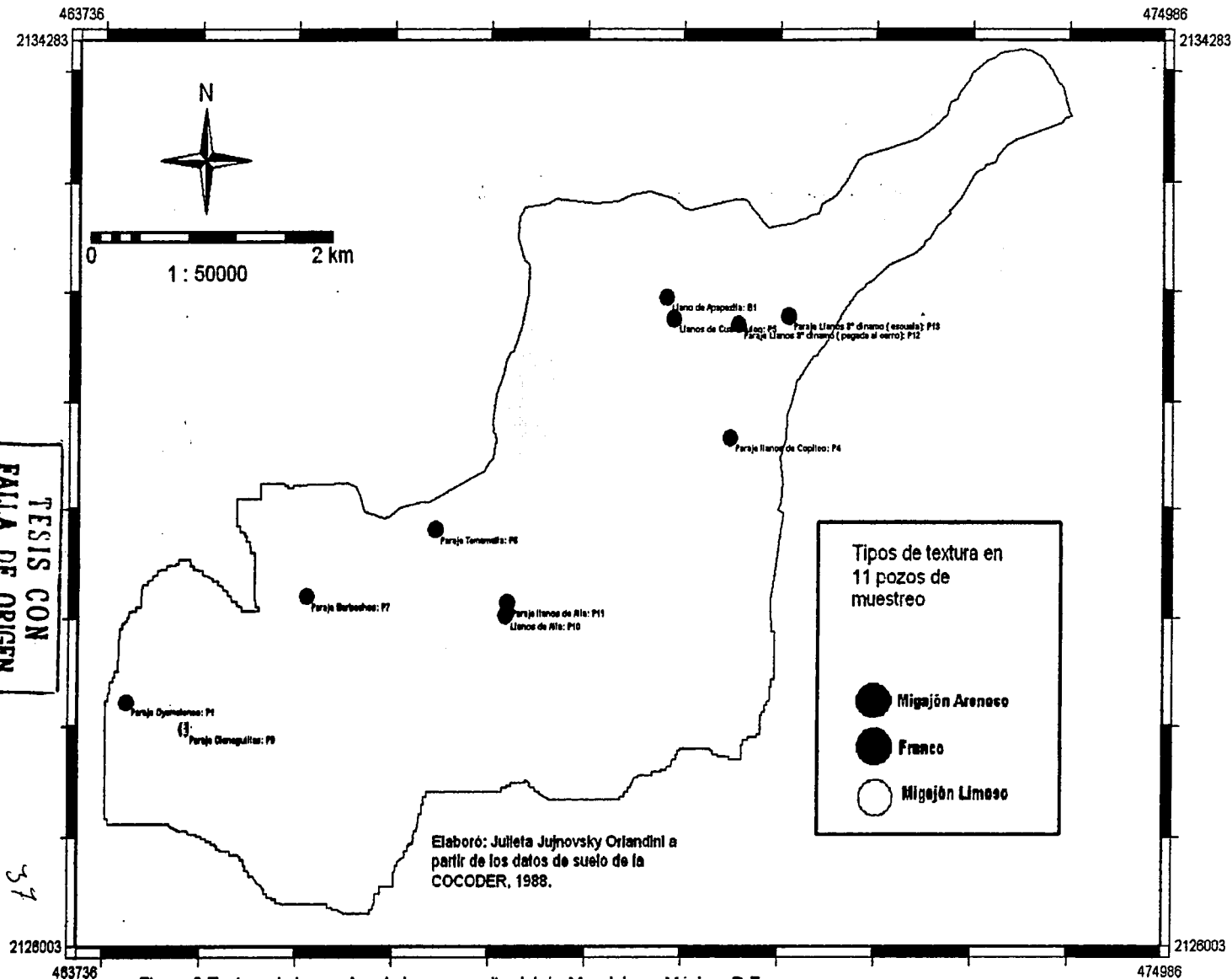
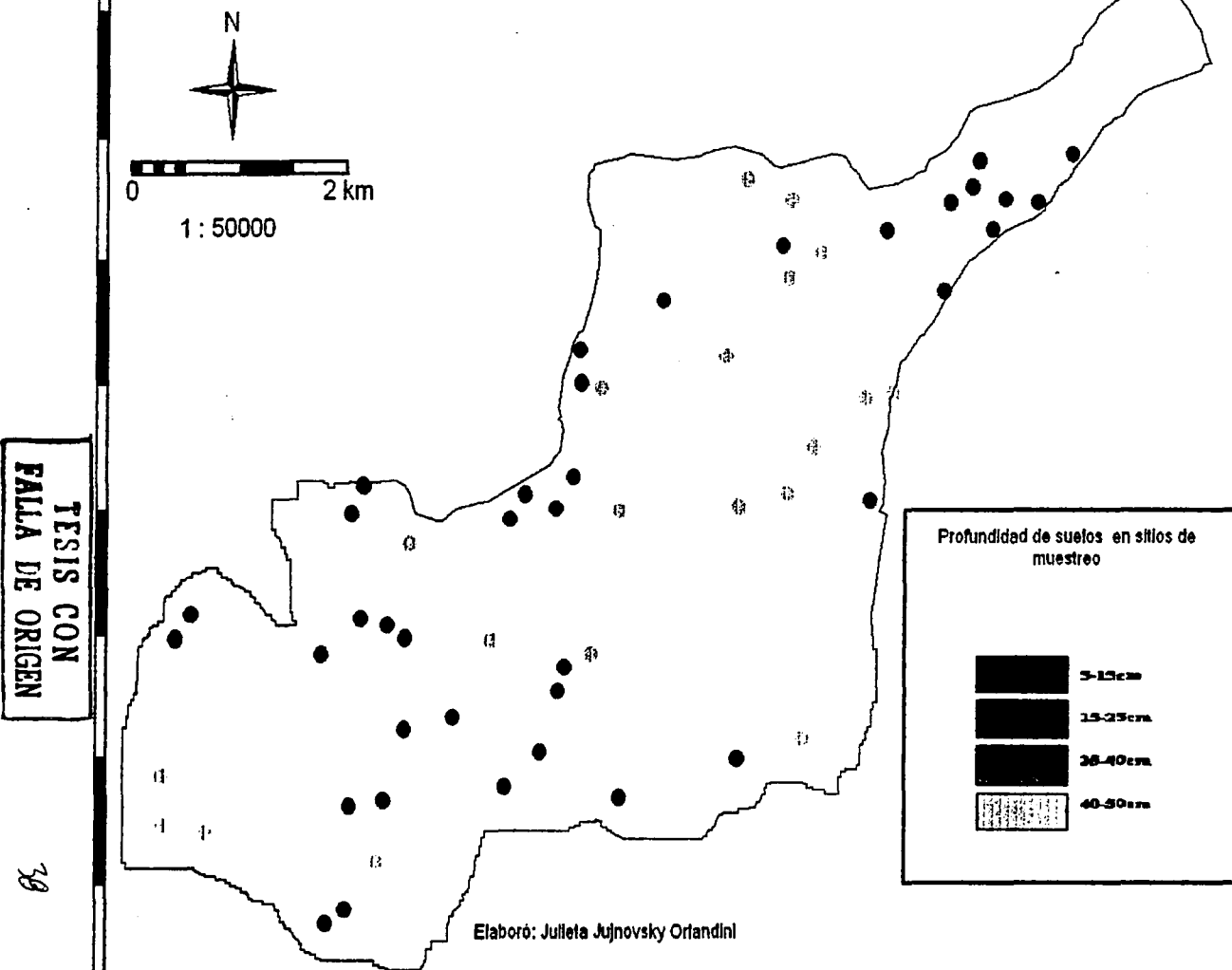


Figura 9: Textura de los suelos de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

37



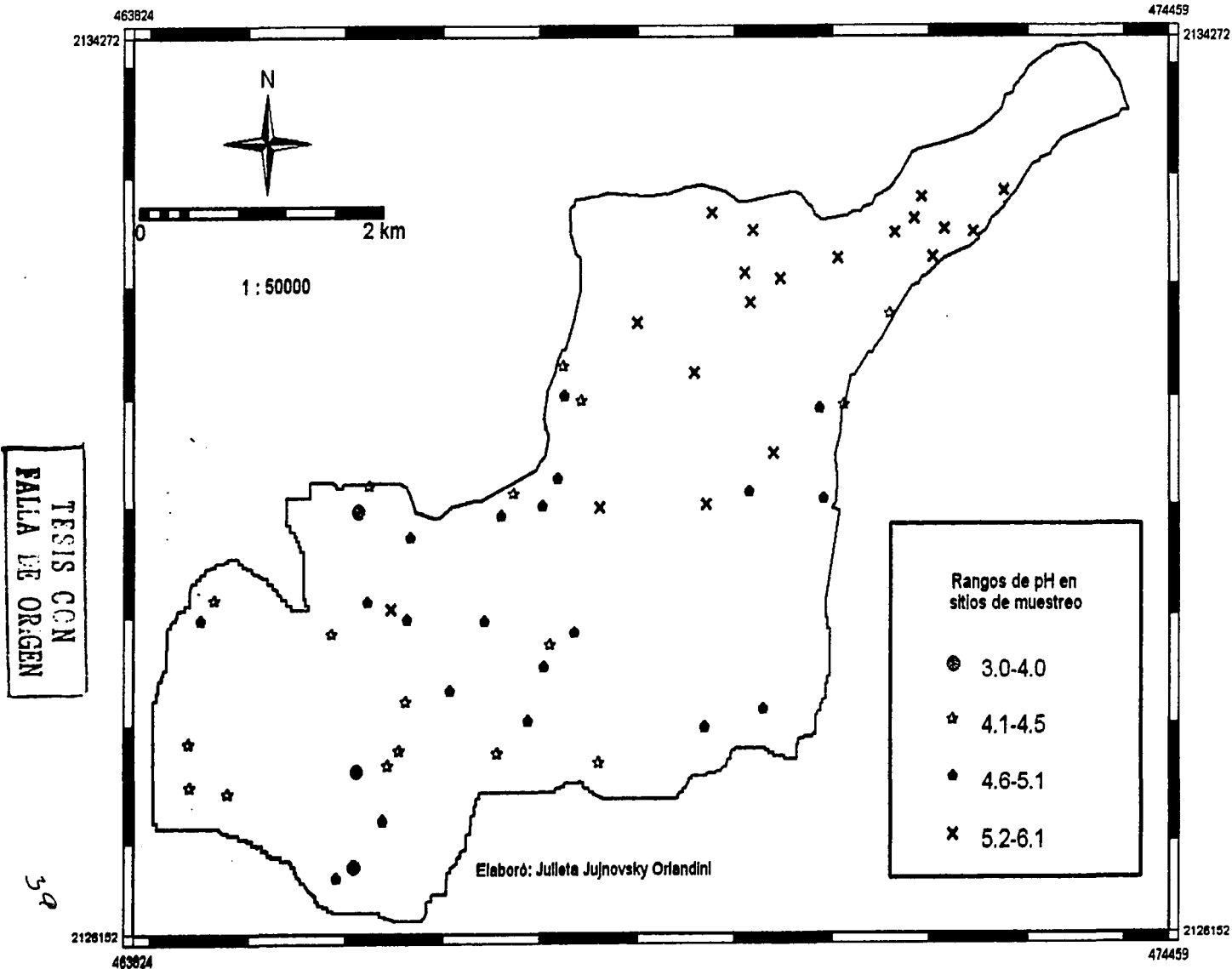


Figura 11: Niveles de pH en suelo en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

463802

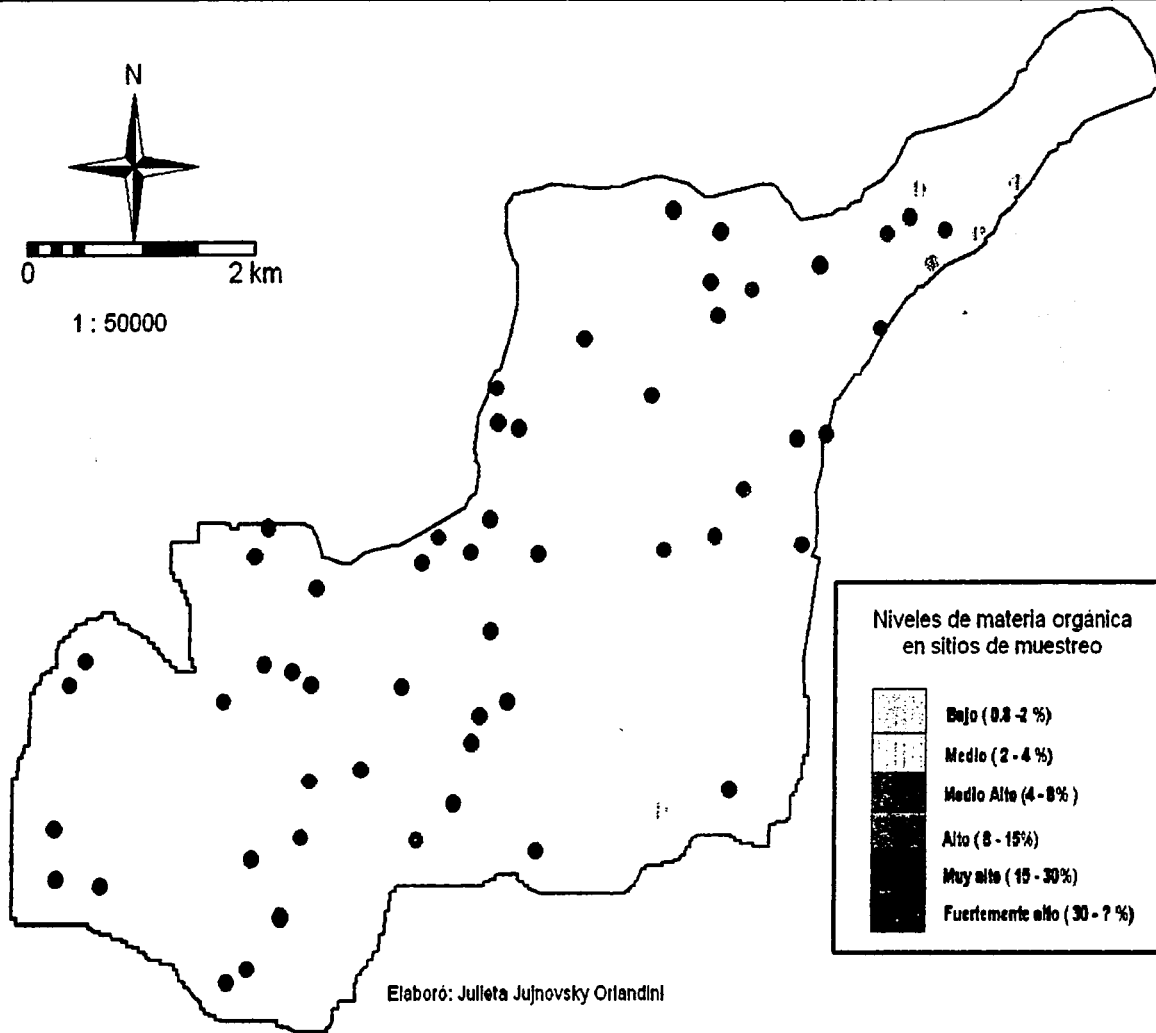
474752

2134272

2134272



1 : 50000



Elaboró: Julieta Jujnovsky Orlandini

2126172

2126172

463802

Figura12: Contenido de materia orgánica en suelo en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

474752

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

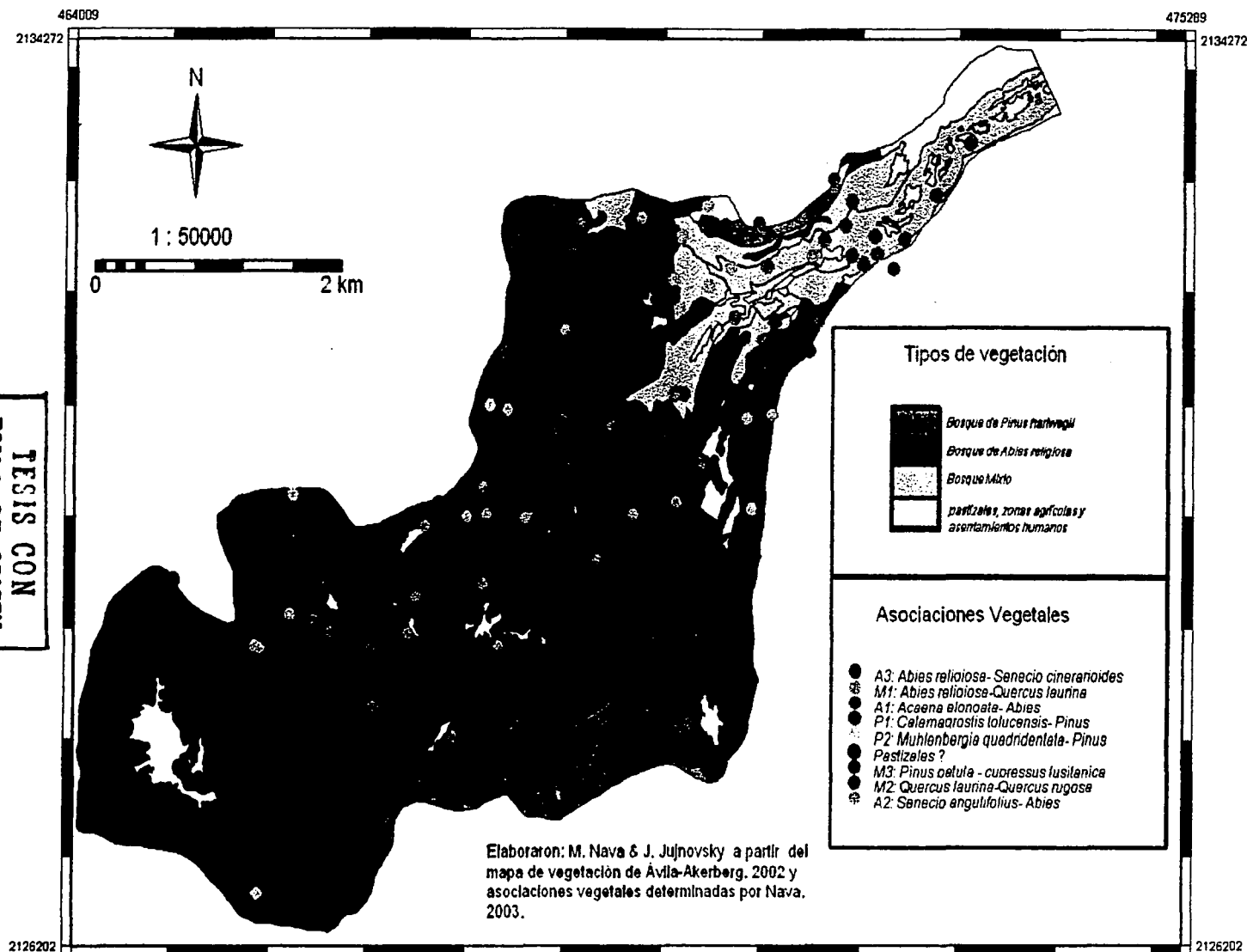
40

Mapa de vegetación

De acuerdo a la clasificación de los ecosistemas terrestres de México propuesta por Toledo y Ordoñez (1998), el área de estudio se encuentra en la zona templada subhúmeda. Esta corresponde al bosque de pino y encino. Nava (2003) distingue tres tipos principales de comunidades vegetales características de este bosque: El bosque Mixto en la parte baja, el bosque de *Abies religiosa* en la parte media y el bosque de *Pinus hartwegii* en la parte más alta. Dentro de estos 3 grandes grupos, describe 8 asociaciones vegetales (tabla 7). Para la comunidad de *Pinus hartwegii*, corresponden las asociaciones *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii* y *Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii*. La comunidad de *Abies religiosa* esta integrada por las asociaciones de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*, *Acaena elongata-Abies religiosa* y *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*. Finalmente, la comunidad del bosque mixto esta representada por las asociaciones de *Abies religiosa-Quercus laurina*, *Quercus laurina-Quercus rugosa*; *Pinus patula-Cupressus lusitanica* (Fig.13). Estas asociaciones, junto con la geomorfología, fueron primordiales en la determinación de las unidades de paisaje ya que están muy relacionadas con la altitud, con el suelo, y con el relieve.

Tabla 7: Comunidades y asociaciones vegetales para la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Comunidad vegetal	Asociación vegetal
<i>Bosque de Pinus hartwegii</i>	<i>Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii</i>
	<i>Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii</i>
<i>Bosque de Abies religiosa</i>	<i>Acaena elongata-Abies religiosa</i>
	<i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i>
	<i>Abies religiosa-Senecio cinerarioides</i>
Bosque mixto	<i>Abies religiosa-Quercus laurina</i>
	<i>Quercus laurina-Quercus rugosa</i>
	<i>Pinus patula-Cupressus lusitanica</i>



Mapa de Áreas de Geoestadística Básica

Las 5 AGEB descritas para la cuenca, son las que se consideraron de influencia para la zona protectora, ya sea por encontrarse dentro del área como en el caso de la 042-3 y la 045-7 o colindante a ella como en el caso de las AGEB 046-1, 057-A y 058-4. Cabe mencionar que existe la posibilidad de que haya AGEB rurales dentro de la zona de estudio, pero estas no están georeferenciadas y no se encuentran dentro de la base de datos del INEGI, por lo cual no se puede saber con exactitud.

Los datos poblacionales de las 5 AGEB mencionadas, muestran características muy similares (tabla 8), por lo que se describen de manera conjunta. El número de habitantes y las características de las viviendas se expresan como totales. Los datos referentes a las características de la población se presentan como promedios de las 5 AGEB expresados en porcentaje.

La zona de influencia humana de la cuenca alta del río Magdalena (Fig. 14) se encuentra ubicada en la porción noreste de la zona de estudio, en la parte más baja de la cuenca. Tiene una población de 25,582 habitantes distribuidos en cinco áreas de geoestadística básica. El 36% de la población tiene una instrucción posprimaria contra el 4% que es analfabeta. El 39% de la población es económicamente activa, de la cual el 11% se encuentra empleada en el sector secundario y el 26% en el sector terciario. El 30% se encuentra ocupado como empleado u obrero y el 0.9% como jornalero o peón (Fig. 15).

Hay 10,206 viviendas, de las cuales 7,066 tienen cocina exclusiva y 9,783 utilizan gas para cocinar. En la zona existen 6,540 viviendas particulares con drenaje conectado a la red pública y 2,285 a fosa séptica. Tienen energía eléctrica 9,852 viviendas particulares y a 4,331 les llega el agua entubada. Hay 8,897 viviendas particulares propias y únicamente 366 rentadas.

Cabe mencionar que aunque los datos del INEGI corresponden al año 2000, el mapa de donde se sacaron los límites de las AGEB son del año 1995. Por lo tanto, es posible que existan nuevas AGEB hoy día que no se encuentren georeferenciadas en el mapa, por ende, para trabajos posteriores, sería conveniente actualizar la información.

Tabla 8: características de la población por AGEB (2000) de la zona de influencia de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Características /Ageb	042-3		045-7		046-1		057-A		058-4		Promedio
Características de la población	Nº de hab	%	Nº de hab	%	Nº de hab	%	Nº de hab	%	Nº de hab	%	o Sumatoria
1.-Población total	6863	100	4997	100	4327	100	5606	100	3789	100	25,582
2.-Población de 15 años y más sin instrucción	259	3.7	242	4.8	146	3.3	220	3.9	157	4.1	4%
3.-Población de 15 años o más con primaria completa	963	14	721	14.4	811	1.8	763	13.6	539	14.2	11%
4.-Población de 15 años o más con instrucción posprimaria	2751	40	1710	34.2	1581	36.5	1920	34.2	1326	34.9	36%
5.-Población económicamente activa	2704	39.3	1896	37.9	1753	40.5	2174	38.7	1483	39.1	39%
6.-Población ocupada en el sector secundario	641	9.3	590	11.8	457	10.5	600	10	419	11	11%
7.-Población ocupada en el sector terciario	1903	27.7	1185	23.7	1160	26.8	1453	25.9	975	25.7	26%
8.-Población ocupada como empleado u obrero	2093	30.4	1430	28.6	1291	29.8	1738	31	1093	28.8	30%
9.-Población ocupada como jornalero o peón	43	0.6	68	1.36	38	0.87	35	0.6	44	1.1	0.9%
Características de las viviendas	Nº de viviendas	%	Nº de viviendas	%	Nº de viviendas	%	Nº de viviendas	%	Nº de viviendas	%	Total
10.-Total de viviendas habitadas	1595	100	1152	100	987	100	1334	100	702	100	10,206
11.-Viviendas particulares con cocina exclusiva	1162	73	729	63	753	76	782	59	498	71	7,066
12.-Viviendas particulares que utilizan gas para cocinar	1542	96	1098	95	940	96	1245	93	689	98	9,783
13.-Viviendas particulares con drenaje conectado a la red pública	1207	75	688	60	545	55	304	23	678	96	6,540
14.-Viviendas particulares con drenaje conectado a fosa séptica	248	15	325	28	331	33.5	451	34	13	1	2,285
15.-Viviendas particulares que disponen de energía eléctrica	1530	96	1119	97	957	97	1254	94	693	99	9,852
16.-Viviendas particulares con agua entubada en la vivienda	803	50	467	40%	375	38	153	11	444	63%	4,331
17.-Viviendas particulares propias	1348	84	1033	90%	870	88	1125	84	635	90%	8,897
18.-Viviendas particulares rentadas	69	4	38	3%	46	5	18	1	21	3%	366

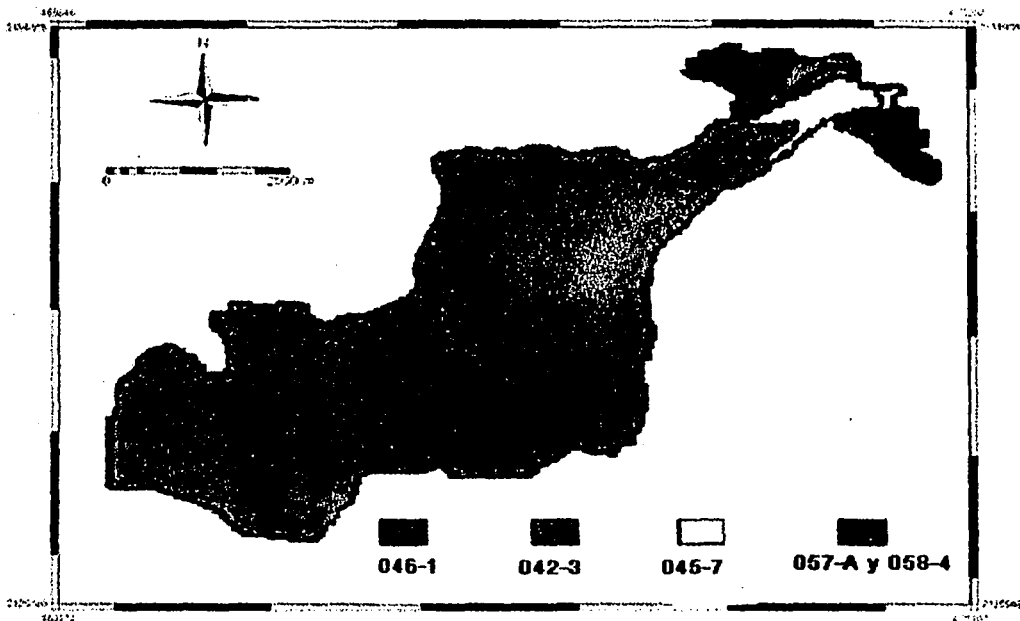


Figura 14: Mapa de AGEB de influencia para la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.³

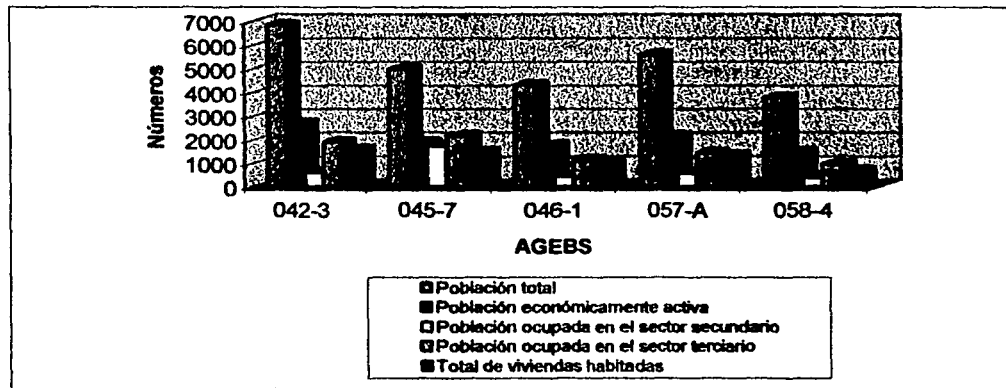


Figura 15: Características más relevantes de la zona de influencia de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

³ Las AGEB 057-A y 058-4 corresponden a lo que era antes la AGEB 044-2, la cual se subdividió en el 2000.

Descripción de las unidades de paisaje

En total, se delimitaron 30 unidades de paisaje para la cuenca alta del río Magdalena (Fig. 16), las cuales se identificaron de acuerdo a los siguientes atributos: geomorfología, altitud, pendiente y orientación, textura del suelo, profundidad, contenido de materia orgánica, pH y asociación vegetal. A continuación se describe cada una de ellas por separado.

Unidad 1: Pie de monte volcánico; Quercus laurina-Quercus rugosa (U1)

Esta zona es la parte urbana de la cuenca, donde se localiza parte del pueblo de la Magdalena Contreras (Fig. 14). Esta unidad se caracteriza por ser un pie de monte volcánico. Se localiza en la parte noreste de la cuenca, ocupa un área de 50.6 ha, en un intervalo de altitudes que va desde los 2500 a los 2800 m snm. El relieve es irregular, con pendientes no mayores a los 30° de inclinación. Esta zona presenta dos orientaciones ya que rodea a la unidad 10. El extremo que se encuentra en la parte norte de la cuenca tiene una orientación sureste, mientras que el extremo sur presenta una orientación noroeste. Los tipos de suelo reportados para esta unidad son el Feozem lúvico en el extremo norte y mezcla de Andosol húmico y Litosol en el extremo sur. La profundidad de los suelos no es mayor a los 40 cm, el pH registrado oscila en un intervalo entre 5.2 y 6.1 y el porcentaje de materia orgánica es medio (2 a 4%). La vegetación predominante es el bosque de *Quercus*, donde predomina la asociación de *Quercus laurina-Quercus rugosa*. Los datos poblacionales obtenidos de las AGEBS, corresponden a esta unidad ya que esta es la zona de mayor influencia humana dentro de la cuenca. Las AGEBS contenidas para el área son: 045-7, 042-3, 046-1, 057-A, 058-4. Todas ellas en la delegación Magdalena Contreras.



1 : 50000

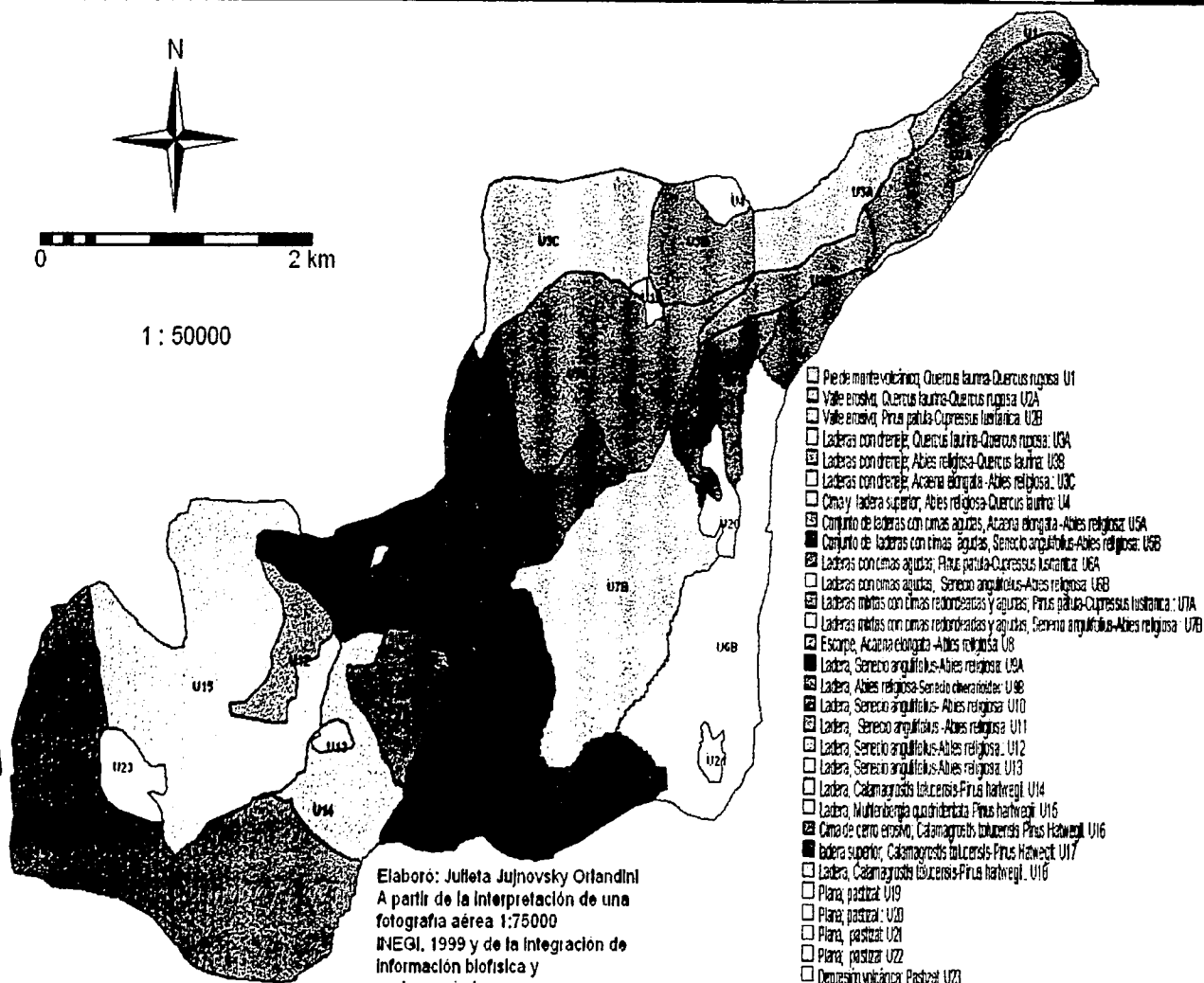


Figura 16: Unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Tabla 9: características de las unidades de paisaje de la cuenca alta del río Magdalena

Unidad	Tipo de relieve	Área (ha)	Altitud (m snm)	Pendiente (°)	Profundidad (cm)	Textura	pH	M.O	Asociación vegetal
1	pie de monte volcánico	50,63	2500-2800	0-30°	25-40cm	S.D	5,2-6,1	media	<i>Quercus laurina-Quercus rugosa</i>
2A	valle erosivo	115,7	2500-2700	0-15°	25-40	Franco	5,2-6,1	Medio alto	<i>Quercus laurina-Quercus rugosa</i>
2B	valle erosivo y pie de monte	45,81	2700-2900	15-30°	25-40	Franco	5,2-6,1	Medio alto	<i>Pinus patula-Cupressus lusitanica</i>
3A	laderas con drenaje	76,2	2700-3300	15-más de 45°	15-40	Migajon arenoso	5,2-6,1	Alto	<i>Quercus laurina- Quercus rugosa</i>
3B	laderas con drenaje	72,23	2700-3300	15-más de 45°	40-50	Migajon arenoso	5,2-6,1	Muy alto	<i>Abies religiosa-Quercus laurina</i>
3C	laderas con drenaje	147,2	2700-3800	0-15, 45-90°	25-50	Migajon arenoso	5,2-6,1	Muy alto	<i>Acaena elongata -Abies religiosa</i>
4	cima y ladera sup.	13,5	3100-3300	0-45°	S.D	S.D	S.D	S.D	<i>Abies religiosa-Quercus laurina</i>
5A	conjunto de laderas con cimas agudas	221,6	2700-3500	0-15° y 15-45°	25-50	S.D	5,2-6,1	Muy alto	<i>Acaena elongata -Abies religiosa</i>
5B	conjunto de laderas con cimas agudas	266,4	3000-3600	0-15° y 30 a 90°	25-50	S.D	4,1-5,1	Muy alto	<i>Senecio angulifolius- Abies religiosa</i>
6A	laderas con cimas agudas	37,44	2800-3000	30-45°	25-40	S.D	4,1-5,1	Alto	<i>Pinus patula- Cupressus lusitanica</i>
6B	laderas con cimas agudas	221,7	3000-3500	0-30°	25-40	S.D	4,1-5,1	Alto	<i>Senecio angulifolius- Abies religiosa</i>
7A	laderas mixtas	70,7	2900-3300	15-45°	40-50	S.D	5,2-6,1	Alto	<i>Pinus patula- Cupressus lusitanica</i>
7B	laderas mixtas	256,8 1	3000-3500	15-90°	40-50	S.D	4,6-6,1	Alto	<i>Senecio angulifolius- Abies religiosa</i>
8	escape	35,6	3000-3500	30-90°	S.D	S.D	S.D	S.D	<i>Acaena elongata -Abies religiosa</i>
9A	ladera	183,2	3000-3800	0-45°	25-50	S.D	4,6-5,1	Muy alto	<i>Senecio angulifolius- Abies religiosa</i>
9B	ladera	10,9	3300-3500	0-45°	25-40	S.D	4,6-5,1	Muy alto	<i>Abies religiosa-Senecio cinerarioides</i>
10	ladera	7,8	3200-3300	0-15°	40-50	Franco	4,6-5,1	Muy alto	<i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i>
11	ladera	64,48	3300-3600	15-45°	40-50	S.D	4,1-4,5	Muy alto	<i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i>
12	ladera	46,45	3300-3550	15-30°	25-50	S.D	4,6-6,1	Muy alto	<i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i>
13	ladera	6,88	3300-3500	15-30°	25-40	S.D	4,1-4,5	Muy alto	<i>Senecio angulifolius- Abies religiosa</i>
14	Ladera	96,4	3300-3600	0-30°	25-40	S.D	4,1-4,5	Muy alto	<i>Calamagrostis toluensis- Pinus hartwegii</i>
15	ladera	343,3	3300-3800	0-45°	25-40	Franco	4,1-4,5	Alto	<i>Muhlenbergia quadridentata- Pinus hartwegii</i>
16	cima de cerro erosivo	19,8	3500-3600	0-15°	0-25	S.D	4,1-4,5	Alto	<i>Calamagrostis toluensis- Pinus hartwegii</i>
17	ladera superior	65,7	3500-3750	0-30°	5-15	S.D	4,6-5,1	Medio	<i>Calamagrostis toluensis- Pinus hartwegii</i>
18	ladera	398,	3500-3800	0-45°	25-40	Franco	4,1-5,1	Muy alto	<i>Calamagrostis toluensis- Pinus hartwegii</i>
19	plana	4,2	2900-2950	0-15°	S.D	Franco	S.D	S.D	Pastizal
20	plana	22	3000-3200	0-15°	S.D	Migajón arenoso	S.D	S.D	Pastizal
21	plana	8	3300-3400	0-15°	S.D	S.D	S.D	S.D	Pastizal
22	plana	2,04	3400-3500	0-15°	S.D	Franco	S.D	S.D	Pastizal
23	depresión volcánica	30,9	3570	0-15°	S.d	migajón limoso	S.D	S.D	Pastizal

Unidad 2A: Valle erosivo; *Quercus laurina-Quercus rugosa* (U2A)

Valle erosivo por donde pasa el río Magdalena. Ocupa un área de 115.71 ha las cuales se distribuyen en altitudes entre los 2500 y los 2700 m snm. Sus pendientes son menores a los 15°. Presenta dos orientaciones, una de cada lado del río: sureste y noroeste. Los suelos son de tipo Andosol húmico mezclados con Litosoles. Tienen una profundidad de 25-40 cm, con textura tipo franco. Tienen un pH de 5.2-6.1 y un contenido de materia orgánica medio alto. El tipo de vegetación característico de la zona es el bosque de *Quercus*, con la asociación vegetal de *Quercus laurina-Quercus rugosa*. Se encuentra a un lado del camino hacia los dinamos. En esta unidad, al igual que en la anterior hay presencia de asentamientos humanos. La AGEB contenida en la zona es la 045-7.

Unidad 2B: Valle erosivo; *Pinus patula-Cupressus lusitanica* (U2B)

Este valle erosivo, continuación de la unidad 10, ocupa un área de 45.81 ha. Se encuentra a una altitud entre los 2700 y los 2900 m snm. Las pendientes en este valle van de 15-30° de inclinación, con una orientación noroeste. Los suelos, de tipo Andosol húmico y Litosol, tienen profundidades de 25-40 cm, con una textura de tipo franco. El pH va de 5.2-6.1 y el contenido de materia orgánica es medio alto (4-8%). La asociación vegetal predominante es la de *Pinus patula-Cupressus lusitanica*, aunque también se encuentran algunos manchones de la asociación de *Acaena elongata- Abies religiosa*.

Unidad 3A: Laderas con drenaje; *Quercus laurina-Quercus rugosa* (U3A)

Esta zona se encuentra ubicada en la porción noreste de la cuenca. El relieve tiene laderas fuertes inclinadas y con mucho drenaje. Ocupa un área de 76.2 ha, en un gradiente altitudinal de 2700-3300 m snm. Sus pendientes pueden alcanzar más de 45° de inclinación y están orientadas hacia el sureste. Los suelos son de tipo Andosol húmico y Litosol, con profundidades de 15-40 cm, de textura migajón arenoso, con un pH de 5.2-6.1 y un porcentaje de materia orgánica alto (8-15%). El tipo de vegetación predominante en esta zona es el bosque mixto, en donde destaca la asociación vegetal de *Quercus laurina-Quercus rugosa* y en menor medida la asociación de *Pinus patula-Cupressus lusitanica* Esta unidad empieza en el segundo dinamo, donde se observa infraestructura de tipo turística.

Unidad 3B: Laderas con drenaje; *Abies religiosa-Quercus laurina* (U3B)

Esta es una pequeña zona de 72.2 ha que separa la zona 3A y de 3C. Tiene el mismo tipo de relieve (laderas fuertes inclinadas con drenaje) y intervalo altitudinal que la unidad 3A. Lo que la diferencia es la profundidad de los suelos que en este caso va de 40-50cm y el porcentaje de materia orgánica muy alto. El tipo de vegetación también es diferente, presenta la asociación vegetal de *Abies religiosa- Quercus laurina*. Esto puede demostrar que es una zona de transición entre el bosque de *Abies religiosa* y la zona de bosque de *Quercus*.

Unidad 3C: Laderas con drenaje; *Acaena elongata -Abies religiosa* (U3C)

Esta unidad tiene el mismo tipo de relieve que la unidad 3A, está ubicada en la porción noroeste de la cuenca y ocupa una extensión de 147.3 ha, en un gradiente altitudinal que va de los 2700 a los 3500 m snm. Las laderas fuertes con drenaje tienen una inclinación de más de 45° y en la zona noroeste hay lugares planos con pendientes inferiores a los 15°. La orientación de estas laderas es también hacia el sureste. El tipo de suelo que se reporta para esta zona es Andosol húmico mezclado con Litosol. Tienen una profundidad de 15-40 cm y una textura de migajón arenoso. El pH tiene valores de 5.2 a 6.1 y el porcentaje de materia orgánica es alto (8-15%). El tipo de vegetación característico para esta zona es el bosque de *Abies*, en donde predomina la asociación de *Acaena elongata-Abies religiosa*.

Unidad 4: Cima y ladera superior; *Abies religiosa-Quercus laurina* (U4)

Esta unidad se encuentra en una ladera superior y cima hacia el norte de la cuenca. Ocupa un área de 13.54 ha, con una altitud de 3100- 3300 m snm. El intervalo de pendientes es amplio, va de 0 – 45° y presenta una orientación suroeste. Se caracteriza por tener suelos de tipo Andosol húmico mezclados con litosoles. Las asociaciones de *Abies religiosa-Quercus laurina*, son predominantes y representan un bosque mixto.

Unidad 5A: Conjunto de laderas con cimas agudas; *Acaena elongata -Abies religiosa* (U5A)

Esta ladera de cimas agudas tiene un área de 221.6 ha. Presenta un gradiente altitudinal bastante elevado, de casi 800 metros, ya que va de altitudes cercanas a los 2700 hasta los 3500 m snm en la zona más alta. Las cimas agudas tienen pendientes que llegan hasta los 45° de inclinación orientadas hacia el sureste. También hay zonas un poco más planas con pendientes

que no rebasan los 30°. Los suelos de tipo Andosol húmico son profundos, van de los 15 a los 50 cm, con un pH de 5.2 a 6.1 y un elevado contenido de materia orgánica (15-30%). La vegetación de esta unidad, está representada por la asociación *Acaena elongata-Abies religiosa*. Por esta zona pasa el cauce principal del río Magdalena.

Unidad 5B: Conjunto de laderas con cimas agudas; *Senecio angulifolius-Abies religiosa* (USB)

Esta zona tiene el mismo tipo de relieve y orientación que la unidad 5A. El área que abarca es de 266.4 ha, siendo una de las unidades más grandes de la cuenca. Con un gradiente altitudinal de 600 metros, esta zona se extiende desde los 3000 m snm en la parte noreste hasta los 3600 en el oeste. Presenta cimas agudas con pendientes cercanas a los 90°, pero también pequeñas zonas planas menores a los 15° de inclinación. Al igual que la unidad 5A, esta zona tiene un suelo de tipo Andosol húmico, la profundidad del suelo es de 25 a 50 cm, tiene un pH de 4.1 a 5.1 y un porcentaje de materia orgánica muy alto (15-30%). Esta zona se diferencia de la anterior por tener una vegetación predominante de *Senecio angulifolius -Abies religiosa*.

Unidad 6A: Laderas con cimas agudas; *Pinus patula-Cupressus lusitanica* (U6A)

Esta unidad se caracteriza por tener un relieve irregular con laderas agudas. El área de la zona es de 37.44 ha en un gradiente altitudinal que va de los 2800 a los 3000 m snm. Las pendientes varían de los 30-45° de inclinación y están orientadas hacia el noroeste. Presenta suelos de tipo Andosol húmico mezclados con Litosoles. La profundidad de estos es de 25-40 cm. Tienen un pH de 4.1 a 5.1 y un contenido de materia orgánica alto (8-15%). El tipo de vegetación de la zona es el bosque mixto, en el cual se encuentran dos asociaciones vegetales: *Pinus patula-Cupressus lusitanica*, que es la dominante, y *Acaena elongata-Abies religiosa* en una pequeña porción en la parte noreste de dicha unidad.

Unidad 6B: Laderas con cimas agudas; *Senecio angulifolius-Abies religiosa* (U6B)

El relieve se caracteriza por tener cimas agudas ocupando un área de 221.6 ha. Esta zona se extiende de los 3000 a los 3500 m snm, en una dirección norte-sur. Sus pendientes tienen una inclinación de 30° orientadas hacia el nor-noroeste. El tipo de suelo de la zona es Andosol húmico. La profundidad oscila entre los 25 y 40 cm, con un pH de 4.1 a 5.1 y un contenido de

materia orgánica alto (8-15%). La asociación vegetal predominante en la zona es *Senecio angulifolius-Abies religiosa*, aunque también se encuentran pequeños manchones de *Abies religiosa-Quercus laurina* y *Acaena elongata-Abies religiosa*.

Unidad 7A: Laderas mixtas con cimas redondeadas y agudas; *Pinus patula-Cupressus lusitanica* (U7A)

Esta zona de laderas agudas y redondeadas ocupa un área de 70.7 ha. Se encuentra ubicada entre los 2900 y los 3300 m snm. Las laderas mixtas presentan pendientes entre los 15 y 45° orientadas hacia el noroeste. El mapa edafológico para el DF reporta que los suelos de esta unidad son de tipo Andosol húmico mezclados con Litosol. Tienen un pH de 5.2 a 6.1 y un contenido de materia orgánica alto (8-15%). La vegetación característica de esta zona es el bosque mixto, donde la asociación vegetal predominante es *Pinus patula-Cupressus lusitanica*, aunque también se encuentran comunidades de *Quercus laurina-Quercus rugosa* y *Acaena elongata* con *Abies religiosa*. Hay una formación montañosa grande por donde se baja al cuarto dinamo.

Unidad 7B: Laderas mixtas con cimas redondeadas y agudas; *Senecio angulifolius-Abies religiosa* (U7B)

Esta zona, también de laderas mixtas, tiene una extensión de 256.8 ha que van de los 3000 m snm en el norte a los 3800 m snm en la parte sur. Las pendientes oscilan entre los 30 y los 90° de inclinación presentando un escarpe en el centro de la unidad. La mayoría de sus laderas están orientadas hacia el noroeste. El tipo de suelo es Andosol húmico. La profundidad va de 40-50cm, el pH de 4.6 -6.1 y el porcentaje de materia orgánica es alto (8-15%). La vegetación predominante de esta unidad es la asociación de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*, aunque hay un pequeño manchón de *Acaena elongata-Abies religiosa*.

Unidad 8: Escarpe; *Acaena elongata -Abies religiosa* (U8)

Esta unidad tiene un tipo de relieve de escarpe. Ocupa un área dentro de la cuenca de aproximadamente 35.6 ha y se localiza a una altitud entre los 3000 y los 3500 m snm. Esta zona alcanza pendientes cercanas a los 90° orientadas hacia el sureste. El tipo de suelo para esta zona es el Andosol húmico. La vegetación característica es el bosque de *Abies*, predominando la

asociación de *Acaena elongata*-*Abies religiosa*. En esta unidad esta la punta de la Coconetla, y tiene abundantes afloramientos rocosos.

Unidad 9A: Ladera; *Senecio angulifolius*-*Abies religiosa* (U9A)

El tipo de relieve es de ladera. Ocupa un área de 183.2 ha. El gradiente altitudinal va de los 3000 a los 3800 m snm. Sus pendientes de hasta 45°, tienen una orientación noroeste. El tipo de suelo es Andosol húmico con mezcla de Litosoles en la parte sur. La profundidad de los suelos es de 25 a 50 cm con un pH de 4.6 a 5.1 y un porcentaje de materia orgánica muy alto (15-30%). La vegetación característica de esta zona es el bosque de *Abies religiosa*, asociado a *Senecio angulifolius*, aunque en el extremo sureste se encuentra un pequeño manchón de bosque de pino, tipo de vegetación representativo de la unidad 17 que se localiza al lado de esta unidad. Es una zona muy abierta con árboles quemados en la parte más alta.

Unidad 9B: Ladera; *Abies religiosa*-*Senecio cinerarioides* (9B)

Esta es una pequeña ladera, con un área de 10.91 ha. Se encuentra a una altitud de 3300-3500 m snm. Las pendientes son de 45° orientadas principalmente hacia el norte. El suelo es de tipo Andosol húmico. La profundidad del suelo va de los 25 a 40 cm, el pH es de 4.6-5.1 y el porcentaje de materia orgánica es muy alto (15-30%). La vegetación de esta zona y por la cual se diferencia de la unidad 9A es la asociación *Abies religiosa*-*Senecio cinerarioides*. Este tipo de asociación a esta altitud puede ser señal de perturbación.

Unidad 10: Ladera; *Senecio angulifolius*-*Abies religiosa* (U10)

Ladera con una extensión de 7.8 ha, ubicadas a una altitud de 3200-3300 m snm. Sus pendientes son menores a los 15° y tienen orientación noroeste. Presenta suelos de tipo Andosol húmico, de textura tipo franco, con profundidades de 40-50 cm, con un pH de 4.6-5.1 y contenido de materia orgánica muy alto (15-30%). La vegetación característica es un bosque muy abierto de *Senecio angulifolius* y *Abies religiosa*. En esta zona hay presencia de grandes tinajas, arbustos, y pequeñas edificaciones en ruinas.

Unidad 11: Ladera; Senecio angulifolius-Abies religiosa (U11)

Esta zona presenta laderas de tipo convexas, ocupando un área de 64.48 ha. El gradiente altitudinal va de los 3300 a los 3550 m snm. La inclinación de sus pendientes es de 15 a 45°. Por ser un monte, presenta dos orientaciones una hacia el este y la otra al noroeste. El suelo es de tipo Andosol húmico mezclado en la parte sur con Litosol. La profundidad es de 40 a 50 cm. El pH va de los 4.1 a 4.5 y el porcentaje de materia orgánica muestra un contenido muy alto (15-30%). La vegetación característica de esta zona es principalmente bosque de *Abies religiosa*, asociado con *Senecio angulifolius*.

Unidad 12: Ladera; Senecio angulifolius -Abies religiosa (U12)

Esta es una zona de laderas medias que ocupa un área de 46.45 ha y se localiza en la porción oeste de la cuenca. El gradiente altitudinal va de los 3300 a los 3550 m snm. Tiene pendientes de 15 a 30° orientadas hacia el sureste. El suelo predominante es el Andosol húmico, aunque en la parte este de la unidad se presenta mezclado con Litosoles. La profundidad de estos suelos va de los 25 a los 50 cm, con un pH de 4.6 a 6 y un porcentaje de materia orgánica muy alto. La vegetación predominante es la asociación *Senecio angulifolius-Abies religiosa*.

Unidad 13: Ladera, Senecio angulifolius-Abies religiosa (U13)

Esta ladera de 6.8 ha, está rodeada por la unidad 14. Se encuentra a una altitud de 3300-3500 m snm. Sus laderas tienen una inclinación de 15 a 30°, orientadas hacia el noroeste. Esta zona presenta un suelo de tipo Andosol húmico. La profundidad es de 25 a 40 cm, con un pH de 4.1-4.5 y un porcentaje de materia orgánica muy alto (15-30%). La vegetación característica es la asociación de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*.

Unidad 14: Ladera; Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii (U14)

Esta ladera se ubica en la porción sur de la cuenca con una extensión de 96.4 ha. Tiene un gradiente altitudinal de 3300 a 3600 m snm. La pendiente de las laderas es menor a los 30°. Los suelos son de tipo Andosol húmico mezclado con Litosol. La profundidad de estos es de 25 a 40 cm. El pH de 4.1 a 4.5 y el contenido de materia orgánica es muy alto (15-30%). La vegetación está representada principalmente por un bosque de *Pinus hartwegii* muy denso, asociado a

Calamagrostis tolucensis. Sin embargo, en la porción sur de esta unidad se encuentra una pequeña zona en donde destaca la asociación de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*.

Unidad 15: Ladera; *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii* (U15)

El tipo de relieve de esta unidad se define como ladera moderada, en donde se incluye material piroclástico. Con una extensión de 343.32 ha, esta unidad es la segunda más grande de la cuenca y se encuentra ubicada a una altitud entre los 3300 y los 3800 m snm. Las pendientes oscilan entre los 0-45°. El tipo de suelos que se describe para la zona es de tipo Andosol ócrico con mezcla de Feozem háplico en casi toda la zona con pequeñas porciones de Andosoles húmicos. La profundidad de los suelos es de 25 a 40 cm y la textura es de tipo franco. Tiene un pH de 4.1 a 4.5 y un porcentaje de materia orgánica alto (8-15%). La vegetación característica de la zona es el bosque de pino, donde la asociación predominante es la de *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii*, pero también se observan manchones de *Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii* en zonas aisladas. Por esta zona pasa el cauce principal del río Magdalena y arroyos menores.

Unidad 16: Cima de cerro erosivo; *Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii* (U16)

Se encuentra ubicada en el límite oeste de la cuenca. Es un cerro erosivo. Ocupa un área de 19.8 ha a una altitud entre los 3500 y los 3600 m snm. Las pendientes de 0-15°, están orientadas hacia el noreste. La literatura reporta que estos suelos también pertenecen a los Andosoles húmicos. Tienen una profundidad de 0-25 cm con un pH ácido de 4.1 a 4.5 y un porcentaje alto (8-15%) de materia orgánica. La vegetación característica es un bosque de pino, con asociaciones de *Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii*.

Unidad 17: Ladera superior; *Calamagrostis tolucensis-Pinus Hartwegii* (U17)

Situada en la parte sur de la cuenca, esta unidad presenta un tipo de relieve de ladera superior. Ocupa un área de 85.7 ha a una altitud de entre 3500 y 3750 m snm. Sus pendientes de hasta 30° de inclinación, tienen una orientación norte. Los suelos, clasificados como Andosoles húmicos, presentan una profundidad de 5 a 15 cm, con pH ácido de 4.6 a 5.1 y un porcentaje de materia orgánica alto (8-15%). La vegetación característica es la asociación de *Calamagrostis tolucensis- Pinus hartwegii*.

Unidad 18: Ladera; *Calamagrostis toluensis*-*Pinus hartwegii* (U18)

Es una ladera moderadamente inclinada con presencia de material piroclástico que encuentra ubicada en la porción suroeste de la cuenca limitando con el estado de México. Esta unidad es la más grande ya que tiene un área de 398.7 ha ubicadas a una altitud entre los 3500 y hasta los 3800 m snm. Sus pendientes son menores de 45°. Al ser como una media luna que rodea a la unidad 23, presenta una orientación noroeste en el extremo sur y otra sureste en la parte oeste de la misma. Los suelos se clasifican en Andosol húmico en la parte este y Andosol ócrico en el oeste. La profundidad de estos es de 15 a 40 cm, con una textura de tipo franco. El pH es de 4.1 a 5.1 y el contenido de materia orgánica es muy alto (15-30%).

Esta zona es un bosque muy abierto en donde predomina la asociación vegetal *Calamagrostis toluensis*-*Pinus hartwegii*, pero en la parte sureste de la zona hay un pequeño manchón de *Muhlenbergia quadridentata*-*Pinus hartwegii*.

Unidad 19: Plana; pastizal (U19)

Tiene un relieve plano, con un área de aproximadamente 4.2 ha ubicadas a una altitud de 2900-2950 m snm. Sus pendientes son menores a los 15°. Esta zona asemeja dos triángulos encontrados orientados hacia el sureste. Los suelos son Andosoles húmicos con mezcla de Litosol con una textura de tipo franco. La vegetación esta representada por pastizales, en donde se encuentra una pequeña plantación de pino. La zona está rodeada de bosque de *Abies religiosa*.

Unidad 20: Plana; pastizal (U20)

Esta zona es plana, ocupando un área de 22 ha. Se encuentra a una altitud entre los 3000 y los 3200 m snm. Las pendientes son menores a los 15° de inclinación y están orientadas hacia el noreste. El suelo es de tipo Andosol húmico con una textura de migajón arenoso. La vegetación predominante es pastizal.

Estos pastizales en forma de rombos se ven desde la formación rocosa la Coconetla. En esta unidad se observan unas cabañas que están construyendo para proyectos de ecoturismo.

Unidad 21: Plana; pastizal (U21)

Esta zona, con relieve prácticamente plano, ocupa un área de 8 ha. Se encuentra a una altitud de 3300 a 3400 m snm. Sus pendientes de 0-15°, tienen una orientación noreste. Los

suelos de esta zona son también de tipo Andosol húmico. Al igual que la unidad anterior, la vegetación característica es un pastizal.

Unidad 22: Plana; pastizal (U22)

Esta zona se caracteriza por tener un relieve plano en forma de media luna. Ocupa un área de 2 ha, a una altitud entre los 3400 y los 3500 m snm. Las pendientes no alcanzan los 15° de inclinación y tienen una ligera orientación suroeste. El tipo de suelo es Andosol húmico con textura tipo franco. La vegetación predominante es pastizal. Esta zona se asemeja a un potrero, aunque en la corroboración en campo no se observaron animales, sí hubo presencia de excremento que pudiera ser de vacas o caballos.

Unidad 23: Depresión volcánica; pastizal (U23)

Esta depresión volcánica tiene un patrón de retícula. Abarca un área total de cerca de 31 ha. Se encuentra a una altitud de 3570 m snm, con pendientes casi planas menores a 15°, con una ligera orientación oeste. Los suelos son de tipo Andosol húmico con mezcla de Andosol ócrico y con una textura de tipo migajón limoso. La vegetación predominante es el pastizal. En la foto aérea se observa un patrón de retícula que indica que al parecer fue una zona de tiro del ejército.

Descripción del perfil de unidades de paisaje

En este corte de suroeste a noreste de la cuenca alta del río Magdalena, correspondiente con su parte más alta y su parte más baja, se puede apreciar como se encuentran ligadas las variables altitud, vegetación, pH y materia orgánica (Fig 17). Se tomaron en cuenta estos atributos debido a que fueron los más significativos en cuanto a las variaciones con la altitud. Las unidades representadas en el perfil por orden altitudinal son: U18, U23, U15, U12, U5B, U8, U5A, U7A, U6A, U2B, U2A y U1. En el perfil se representa el relieve real que tiene cada una de ellas. Respecto a la vegetación, la comunidad de *Pinus hartwegii*, se encuentra en la parte más alta, primero representada por la asociación de *Calamagrostis tolucensis*- *Pinus hartwegii* en la U18 y después la de *Muhlenbergia quadridentata*- *Pinus hartwegii* en la U15. Estas dos unidades se encuentran separadas por la U23 que es de pastizales. Bajando, a una cota entre los 3000 y los 3500 m snm se encuentra la comunidad de *Abies religiosa*, representada por la asociación de *Senecio angulifolius*- *Abies religiosa* en la U5B y por la asociación de *Acaena elongata*- *Abies*

religiosa en las unidades U8 y U5A. Finalmente, en la zona más baja de la cuenca se encuentra el bosque mixto, con asociaciones de *Pinus patula-Cupressus lusitanica* en las unidades U7A, U6A y U2B, y por *Quercus laurina-Quercus rugosa* en la unidad U1. Esta variación altitudinal de la vegetación se encuentra correlacionada con el pH del suelo. Siendo más ácido en la zona de *Pinus hartwegii* (4.1-5.1) y más cercano a 7 (5.2-6.1) en la zona del bosque mixto. Respecto al contenido de materia orgánica la relación es inversa a la del pH. Aunque no es tan representativa esta variación, hay una tendencia a encontrar los mayores contenidos de materia orgánica en zonas más altas y menores porcentajes en las zonas más bajas de la cuenca.

TESIS CON
 FALTA DE ORIGEN

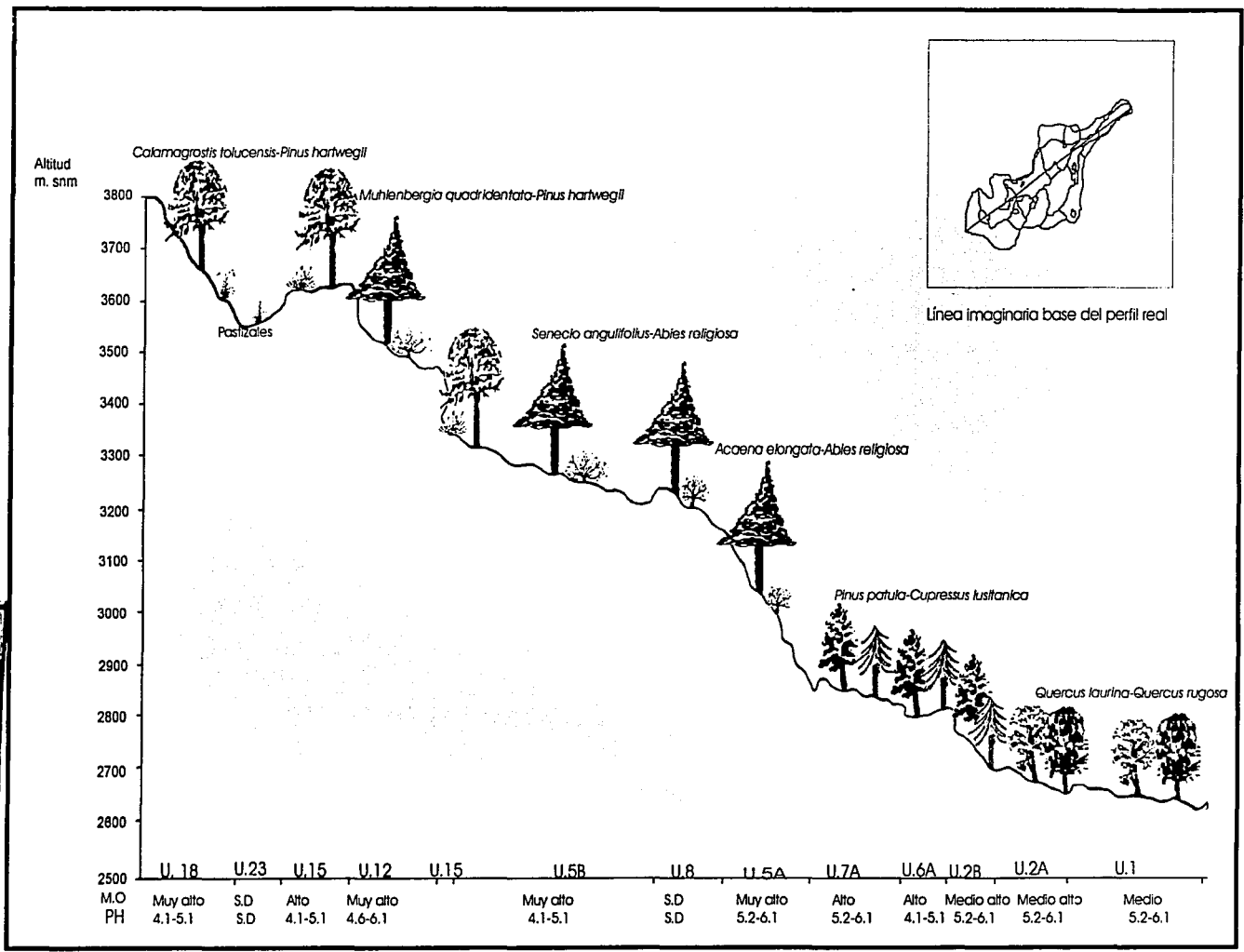


Figura 17: Perfil de unidades de paisaje de la cuenca alta del río Magdalena, México, D.F.

Discusión

Las distintas disciplinas de las ciencias naturales han llevado a la diferenciación del planeta en espacios cuyas características físicas permiten definirlo por regiones florísticas, minerales, edafológicas, climáticas, etc., (Ávila, 1993), actualmente resulta claro que estos son interdependientes, por lo que la ecología del paisaje engloba de manera holística estos atributos que anteriormente se consideraban de manera separada.

Las unidades de paisaje descritas en el presente estudio (Fig. 16 y tabla 9), muestran de manera integral las características naturales y algunas características sociales que definen a la cuenca alta del río Magdalena.

Análisis integral de la zona

Esta subcuenca de la cuenca de México presenta diversas características que la hacen una zona única dentro del D.F, tanto por su importancia hídrica, ya que el río Magdalena es el único río vivo que tiene el Distrito Federal y sus bosques sirven de recarga para los mantos acuíferos; como por la gran diversidad vegetal que presenta, ya que contiene el 2.4% de la flora fanerógama del país y el 25% de la del valle de México (Rzedowski, 2001). El relieve es bastante irregular, lo cual refleja uno de los tantos nombres de la región: Cañada de Contreras (Fig. 5). Es relativamente pequeña, cercana a las 3000 ha, con un gradiente altitudinal de más de 1000 metros (Fig.6), formada por múltiples laderas de pendientes abruptas, mayores a 45° (Fig. 7). Esto hace posible que se desarrollen tres grandes grupos de comunidades vegetales y ocho asociaciones vegetales.

Más del 50% de la zona, con algunas excepciones en regiones pequeñas, presenta un suelo tipo Andosol húmico (Fig.8). La textura de los suelos calculada a partir de la información de COCODER (1988) mostró que en 7 unidades la textura es de tipo Franco, 4 fueron de tipo migajón arenoso y únicamente en la depresión volcánica de la unidad 23 la textura fue de tipo migajón limoso (Fig.9). Las 18 unidades de paisaje restantes no tienen información debido a que los datos fueron obtenidos de 11 pozos los cuales se localizaron en 12 unidades. La profundidad dominante no rebasa los 50 cm, aunque en la parte sur de la cuenca, donde crece el bosque de *Pinus*, la profundidad de los suelos fue ligeramente menor que en el resto de la cuenca, mostrando intervalos de 5-15 cm (Fig.10). Los análisis edafológicos mostraron diferencias en el pH, respecto

a la altitud y por tanto al tipo de vegetación. Los valores de pH más ácidos cercanos a 3, se encontraron en la porción más alta de la cuenca, donde hay bosque de *Pinus hartwegii* asociado a *Calamagrostis toluensis*. En la parte central de la cuenca, donde domina el bosque de *Abies religiosa*, el pH osciló entre 4.1 y 5.1 y en la zona más baja, donde se encuentra el bosque mixto, se encontraron valores de pH de 6.1. Es decir, aunque toda la cuenca se caracterizó por tener un pH menor a 7, se pudo apreciar que las zonas más bajas, donde se encuentra el bosque de *Quercus* y el mixto, tienen un pH más básico que en las zonas más altas (Fig. 11). Con respecto a la materia orgánica, los análisis indicaron que en general, la cuenca tiene suelos ricos, con porcentajes de 8 a 30%. Las zonas bajas, en donde se encuentra el bosque mixto, presentan menor contenido de materia orgánica, entre medio y medio alto (2-8%), lo cual, aunque sigue siendo considerablemente elevado, es más bajo que en el resto de la cuenca (Fig. 12).

Cabe mencionar que los valores de materia orgánica y pH obtenidos en el trabajo de laboratorio, concuerdan con las características que se atribuyen a los suelos de tipo Andosol húmico, ya que estos se caracterizan por ser suelos ácidos y ricos en materia orgánica.

La vegetación más ampliamente distribuida en la cuenca es el bosque de *Abies religiosa*, y dentro de éste, la asociación de *Senecio angulifolius-Abies religiosa* es la que está mejor representada. El bosque de *Abies religiosa* crece en las zonas con relieve más irregular y pendientes de 45°, mientras que en las zonas más altas, el relieve es más plano y allí se desarrolla el bosque de *Pinus hartwegii* (Fig. 13).

El bosque de *Pinus hartwegii* con la asociación de *Calamagrostis toluensis-Pinus hartwegii* ocupan el segundo lugar en área de distribución en la zona, y se ubica en la parte más alta de la cuenca, seguido por la asociación *Pinus patula-Cupressus lusitanica*, que, aunque no es muy abundante, se encuentra distribuido en tres unidades de paisaje, en laderas y en un pie de monte. Tanto la asociación de *Acaena elongata-Abies religiosa*, y la de *Quercus laurina-Quercus rugosa* se encuentran distribuidas en dos unidades principalmente sobre laderas, la asociación de *Abies religiosa-Quercus laurina* se encuentra en dos unidades. Por último, tanto la asociación de *Abies religiosa-Senecio cinerarioides* y la asociación *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii*, ambas en laderas, están representadas en una sola unidad de paisaje.

Las zonas que se describen como pastizales, son aquellas en donde se ve que fueron zonas de bosque que por tener relieve plano, resultaron aptas para cultivos o potreros. Estas zonas no presentan vegetación arbórea.

Similitudes de las unidades de paisaje con base en la asociación vegetal

Las similitudes encontradas para las unidades de paisaje, están relacionadas con el tipo de asociación vegetal, debido a que fue la variable que mostró mayor relación con los demás atributos del terreno. Aunque la geomorfología fue el elemento rector para la delimitación de las unidades, las asociaciones vegetales muestran información mas detallada que hace que la división sea más fina (tabla 10);

La asociación vegetal *Senecio angulifolius- Abies religiosa* está presente en las unidades de paisaje U5B, U6B, U7B, U9A, U10, U11, U12, U13. Estas unidades se encuentran distribuidas en toda la cuenca y la similitud que comparten es el tipo de geoforma, todas están en laderas.

La asociación vegetal *Calamagrostis tolucensis-Pinus hartwegii* se encuentra en las unidades de paisaje U14, U16, U17 y U18. Todas ellas se encuentran en un gradiente altitudinal entre los 3300 y los 3800 m snm. Las formas del relieve son variadas, pero sus pendientes son menores a 45°.

La asociación vegetal de *Acaena elongata-Abies religiosa* se encuentra en las unidades U3C, U5A y U8. Se caracterizan por estar en laderas o escarpes con pendientes agudas. Este tipo de vegetación se encuentra desde los 2700 hasta los 3500 m snm

La asociación *Abies religiosa-Quercus laurina* se encuentra en las unidades U3B y U4. Ubicadas en laderas con pendientes de 45°. La altitud máxima es de 3300-3500 m snm y sus suelos tienen un porcentaje de materia orgánica muy alto.

La asociación vegetal de *Quercus laurina-Quercus rugosa* se encuentra en las unidades U1, U2A y parte de la U3A, todas ellas son colindantes. La altitud máxima es de 3100 m snm. Se caracterizan por tener pendientes moderadas, aunque en la unidad 3A hay zonas con inclinaciones abruptas de más de 45°. Los suelos tienen profundidades de 40 cm. El pH es de 5.2-6.1.

La asociación vegetal de *Pinus patula-Cupressus lusitanica* pertenece a las unidades U2B, U6A y U7A. Se localizan colindantes, a una altitud entre los 2700-3100 m snm. La unidad U7A y la U2B tienen el mismo pH (5.2-6.1), pero diferente contenido de materia orgánica. En cambio, la unidad U7A coincide con la U6A en su contenido de materia orgánica y difiere en los

valores de pH, los cuales son más altos en la unidad U7A. Las unidades U2A y U6A tienen la misma profundidad en sus suelos, la cual es de 25-40 cm.

Las zonas planas con pastizales se localizan en las unidades U19, U20, U21, U22 y U23. Tienen una pendiente menor a 15°. Estas zonas en general presentan formas regulares como de triángulos, rombos, media luna, o cuadrícula, lo que podría ser indicio de actividades humanas.

Tabla 10: Similitudes de las unidades de paisaje de la cuenca alta del río Magdalena con base en la asociación vegetal

Atributos	Asociación vegetal	<i>Senecio angulifolius-Abies religiosa</i>	<i>Calamagrostis toluensis-Pinus hartwegii</i>	<i>Acaena elongata-Abies religiosa</i>	<i>Abies religiosa-Quercus laurina</i>	<i>Quercus laurina - Quercus rugosa</i>	<i>Pinus pátula-Cupressus lustanica</i>	<i>Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii</i>	Pastizales
Unidades		5B, 6B, 7B, 9A, 10, 11, 12, 13.	14,16,17,18	3C, 5A, 8	3B, 4	1, 2A, 3A	2B, 6A, 7A	15 y 18	19,20,21,22, 23
Geoforma	Laderas	***	***	Laderas o escarpes	***	***	***	Laderas que incluyen material piroclástico	Planicies
Altitud		***	3300-3800 m	3500 m	3300-3500 m	3100 m	2700-3100 m	3500-3800 m	***
Pendientes		***	0-30°	Mayores a 45°	45°	Moderadas 15-30°	***	45°	0- 15°
Profundidad		***	***	***	***	40cm	25-40cm (6A y 2B)	25-40 cm	***
Textura		***	***	***	***	***	***	Franco	***
pH		***	***	***	***	5.2-6.1	5.2-6.1 (7Ay 2B)	4.1-5.1	***
Materia orgánica		***	***	***	Muy alto	***	Alto (6Ay 7A)	***	***

***: no presenta similitudes

La asociación vegetal de *Muhlenbergia quadridentata-Pinus hartwegii* se encuentra únicamente en la unidad U15. Esta unidad de paisaje es similar a la U18, ya que esta tiene un pequeño manchón de esta misma asociación en el extremo sur. Ambas tienen laderas de 45° de inclinación máxima, sus suelos tienen textura tipo Franco, profundidades de 25-40 cm y pH de 4.1 a 5.1. El contenido de materia orgánica es muy alto para la unidad U18 y alto para la U15. Ambas son laderas moderadamente inclinadas que incluyen material piroclástico y se encuentran a la misma altitud.

La unidad U9B es la única que presenta la asociación vegetal de *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*, y no comparte similitudes importantes con las demás unidades.

Relevancia de las variables consideradas

Las unidades de paisaje se pueden hacer tan amplias o reducidas como los fines del estudio lo requieran, esto va a depender de a qué escala se desee trabajar. Por tanto, la escala y el tipo de estudio van a definir que variables se deben considerar. A continuación se discutirá las variables que fueron más relevantes para la delimitación de unidades de paisaje en la cuenca alta del río Magdalena.

La geomorfología de la zona (Fig. 5), interpretada a partir de fotografías aéreas fue la base para la delimitación de las unidades de paisaje. A partir de ellas se hizo todo el análisis detallado de las demás variables para afinar la zonación. La altitud (Fig. 6) fue otro criterio importante para la zonificación, ya que la diferencia de más de 1000 metros entre la zona más baja y la más alta de la cuenca crea ambientes muy distintos con tipos de vegetación diferentes. El conocer la pendiente (Fig. 7) y la orientación de las laderas fue de suma relevancia en este estudio ya que ambas influyen en el acceso a los caminos, el potencial para zonas de cultivos en zonas planas, la incidencia de sombra o sol, la susceptibilidad a la erosión, el viento, y por ende, el tipo de vegetación que crece en cada zona.

Las asociaciones vegetales descritas para la cuenca (Fig. 13), fue uno de los principales criterios para su división, ya que, en la mayoría de los casos, forman grupos homogéneos dentro de la zona de estudio. Es decir, el cambio marcado entre una asociación vegetal y otra fue un elemento importante para la clasificación de las unidades de paisaje.

El pH (Fig. 11) fue un factor relevante para clasificar zonas y reflejó una relación clara con la vegetación, ya que a mayor altitud el pH fue menor. La profundidad (Fig. 10) y el contenido de materia orgánica (Fig.12) no mostraron variaciones importantes, por lo que no fueron características relevantes que pudieran permitir la delimitación de las unidades de paisaje. Esto quizá se deba a que el tipo de suelo de la cuenca es bastante homogéneo, o que se deban hacer más análisis.

Con respecto a las variables socioeconómicas incluidas en este estudio, no existió una correlación clara entre las AGEB y las unidades de paisaje, esto quizá se deba a que casi no existe urbanización en la cuenca. Estos reportes de INEGI muestran una visión general de las

condiciones en las que vive la gente que habita dentro de la zona o de la presión que ejercen de manera directa o indirecta en la cuenca. No se sabe cuáles de las características consideradas son las más determinantes en el deterioro ambiental que puedan ejercer sobre la Zona Protectora, pero lo que sí es claro es que conforme más gente habite en la cuenca o sus alrededores y aumente el cambio de uso de suelo, la cuenca alta del río Magdalena será cada vez más frágil y será más difícil conservarla. Es decir, se prevé que el crecimiento demográfico que afecta a toda la ciudad de México ocasionará que a corto o mediano plazo, la mayoría de las zonas que aún son áreas protegidas, se vayan convirtiendo en zonas agrícolas, de pastoreo y de habitación.

La escasa información climatológica y a las escalas en las que se realizó el trabajo (1:75000 y 1:20000), no permitieron incluir al clima como un atributo significativo para la zonificación de la cuenca. Esto se debe a que la zona es pequeña y sólo tiene una estación meteorológica denominada Anzaldo (SMN) que se encuentra sobre una zona urbana y a baja altitud.

Tampoco se consideró el atributo fauna para la definición de unidades de paisaje, ya que se hubieran requerido estudios faunísticos muy detallados y complejos no considerados dentro de los objetivos del trabajo. Sin embargo, para un estudio a escala regional, estatal o de país, la fauna puede ser de gran utilidad para regionalizar una zona, por lo que no debe descartarse en estudios sobre ecología del paisaje.

Diagnóstico general de la cuenca alta del río Magdalena

El método utilizado y la información obtenida en este estudio proporcionan herramientas para elaborar un diagnóstico del estado ambiental de la zona protectora y cual es su problemática principal. La cuenca se puede dividir en tres partes: alta, media y baja. A continuación se describe la problemática de cada una de ellas.

Las zonas más altas, entre los 3500-3800 m snm, están representadas por bosques de *Pinus hartwegii*. Las unidades de paisaje que forman esta zona son: U14, U16, U17, U18 y U15. Los bosques de estas unidades se encuentran muy abiertos, posiblemente esto se deba a los incendios de 1998 que devastaron gran parte de la zona. El suelo en esta región tiene un alto contenido de materia orgánica y un pH muy ácido (3.1-4). El relieve es ligeramente plano, por lo que esta zona no está tan expuesta a la erosión. Los suelos son poco profundos, lo que indica que son suelos jóvenes. Esta área de alrededor de 950 ha ocupa poco más del 30% de la superficie de

la cuenca. Su problemática principal sería en primer lugar los incendios, ya sea por su cercanía con el Ajusco, y por estar más expuesta a la radiación solar y a los relámpagos. La segunda causa es la deforestación, ya que el pino es una especie apreciada por su madera. Si se quisieran hacer programas de reforestación la especie indicada es el *Pinus hartwegii* debido a que las condiciones de altitud y suelo lo permiten.

En la zona media de la cuenca, entre los 3000-3500 m snm, se encuentra la comunidad de *Abies religiosa*. Las unidades de paisaje que la forman ocupan casi el 50% del suelo de conservación de la cuenca, abarcando una extensión de 1450 ha. Estas unidades se localizan en laderas de pendientes agudas, generalmente mayores a los 45°. Las zonas que presentan asociaciones con *Acaena elongata*, unidades U3C, U5A y U8, no parecen estar tan alteradas como aquellas que presentan asociaciones de *Senecio angulifolius-Abies religiosa*, unidades U5B, U6B, U7B, U9A, U10, U11, U12 y U13. Se llega a esta conclusión ya que se encontró grandes cantidad de matorrales y árboles caídos cuando se hizo el trabajo de campo. Esto no se apreció en la fotointerpretación.

La unidad de paisaje U9B está más alterada que el resto de las unidades de *Abies*, esta zona se caracteriza por la asociación vegetal de *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*, la cual, según Rzedowski (2001), es indicadora de perturbación. Además, no corresponde con la vegetación que se encuentra para la zona circundante, la cual es *Senecio angulifolius*.

La problemática principal de esta zona media, es la inclinación de sus laderas. Estas zonas son más susceptibles a la erosión, por lo que es importante controlar la deforestación de la zona, ya que si esto ocurriera el suelo desaparecería rápidamente. Otro problema es el impacto humano, no tanto por asentamientos irregulares, sino por el turismo, el cual frecuenta estas zonas y deja mucha basura.

En la parte más baja de la cuenca, entre 2500-3000 m snm, se encuentra el bosque mixto. El cual ocupa el 17% de la cuenca. Las unidades que lo forman son: U1, U2A, U2B, U3A, U3B, U4, U6A, U7A. Tienen un tipo de relieve general de laderas pero con inclinaciones menos pronunciadas que el bosque de *Abies*. Aquí, los suelos mostraron bajo contenido de materia orgánica, por lo que son suelos pobres comparados con las zonas altas. Esta región ocupa cerca de 500 ha de la cuenca y según los datos poblaciones de las AGEB, es la que se encuentra más expuesta a la presión urbana del pueblo de la Magdalena. El crecimiento poblacional que ha ido

aumentando en las últimas décadas, pronostica que la mancha urbana irá creciendo hacia las áreas no pobladas, por lo que esta parte de la cuenca es la que está más expuesta al impacto ambiental y posteriormente a desaparecer. Por ello esta zona requiere atención inmediata. Cabe mencionar que las unidades 2B, 6A y 7A, correspondientes a la asociación vegetal de *Pinus patula-Cupressus lusitanica* tienen elementos de bosque mesófilo, por lo que la conservación de esas tres unidades sería relevante para preservar especies muy raras para la cuenca de México.

A lo largo de la cuenca existen zonas sin vegetación arbórea, las cuales se catalogaron como áreas planas de pastizales. Por la naturaleza de su relieve estas áreas pudieron ser funcionales para cultivos o potreros y por eso se talaron. Se llega a esta conclusión debido a que estas unidades están rodeadas de bosque, lo cual indica que era la vegetación dominante y que si se dejaran descansar, el bosque nuevamente empezaría a crecer ahí. Estas unidades ocupan 107 ha, menos del 4% de la superficie total de la zona y son las unidades U19, U20, U21, U22 y U23.

Importancia y aplicaciones del estudio

La importancia del método utilizado es que a diferencia de los estudios ecológicos tradicionales, la ecología del paisaje enfatiza las relaciones entre el relieve, el suelo, la vegetación y los aspectos sociales, definiendo más claramente el espacio geográfico. Por ende, la evaluación de la tierra, con base en estos principios resulta una herramienta esencial para proyectos de planificación ambiental. Este estudio es fundamental para proyectos sobre deterioro, restauración y ordenamiento ecológico.

La información biofísica presentada, es una herramienta para conocer información actualizada de suelo y vegetación, lo cual proporciona bases para saber que especies son relevantes de acuerdo a su importancia biológica; que zonas son más susceptibles a la erosión, o a incendios, o a otros impactos; que unidades presentan mayor riesgo de ser invadidas por la mancha urbana; que especies son las indicadas para reforestar, etc. De acuerdo con las características que presenta el suelo en cada unidad, se puede conocer que zonas son más adecuadas para proyectos agroforestales y ecoturísticos.

La información socioeconómica presentada, también es básica, ya que no se pueden hacer estudios que sirvan de base para la planificación ambiental en donde no incluya de alguna manera el factor social, el cual es fundamental para cualquier trabajo de esta índole. Mohamed (2000),

resalta la importancia de integrar aspectos socioeconómicos con unidades biofísicas, ya que la variable antropogénica, estará presente en casi todos los estudios que se realicen, debido a que el factor social forma parte del medio ambiente. Tanto los sistemas naturales como los sociales están interrelacionados, ya que el hombre depende de los recursos naturales, y a la vez, debe controlar, conservar y restaurar los ambientes naturales para que estos puedan seguir brindándole los servicios ecosistémicos que el ser humano necesita para subsistir.

La información integrada de aspectos biofísicos y sociales presentada en este estudio es el primer paso para el ordenamiento ecológico de la cuenca alta del río Magdalena ya que da las bases para programar el uso del suelo y el manejo de los servicios ecosistémicos, permitiendo orientar el emplazamiento geográfico de las diversas actividades del área.

Conclusiones

- Las 30 unidades de paisaje descritas para la cuenca son áreas homogéneas en relieve, vegetación y suelo, cuyos límites se determinan por un cambio en una o más variables.
- La cuenca tiene un relieve de laderas agudas, con un intervalo altitudinal de más de 1000 m snm. Sus suelos son poco profundos, menores a 50 cm, ácidos y con gran cantidad de materia orgánica. La vegetación se divide en tres comunidades vegetales: bosque de *Pinus*, *Abies* y Mixto, con 8 asociaciones vegetales. La parte noreste de la cuenca presenta cinco áreas de geoestadística básica que ejercen presión a la zona protectora.
- Las unidades de paisaje comparten similitudes de acuerdo a la asociación vegetal que las caracteriza. Hay ocho unidades con *Senecio angulifolius- Abies religiosa*, cuatro unidades con *Calamagrostis toluensis-Pinus hartwegii*, tres unidades con *Acaena elongata- Abies religiosa*, tres con *Quercus laurina-Quercus rigosa*, tres con *Pinus patula-Cupressus lusitanica*, dos unidades con *Abies religiosa- Quercus laurina*, una unidad con *Muhlenbergia quadridentata- Pinus hartwegii* y una con *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*. Cinco unidades son pastizales.
- La incorporación de variables integradoras del paisaje como la geomorfología, el suelo, la vegetación y los aspectos sociales, permiten la comprensión simplificada de la información que existe en cada zona y es una herramienta para trabajos ambientales posteriores.
- El estudio permite dividir a la cuenca en 3 zonas según su problemática ambiental. Las zonas altas de *Pinus hartwegii*, están menos expuestas a la influencia humana y a la erosión, ya que la inclinación de sus laderas es de 0-15°. Estas zonas, debido a su ubicación, están más expuestas a los incendios. La zona media de *Abies religiosa* es más susceptible a la erosión porque sus laderas tienen inclinaciones de más de 45° y

tiene especies indicadoras de perturbación. La zona baja de bosque mixto es más propensa a sufrir impactos por las actividades humanas ya que la población de la zona de influencia está creciendo y ejerce presión sobre la parte baja. Esta es la zona que necesita atención inmediata.

- Los sistemas de información geográfica fueron fundamentales para este estudio, ya que los mapas de topografía, altitud, pendiente, suelos, vegetación, AGEB, y unidades de paisaje, se pueden consultar de manera conjunta, permitiendo el manejo integrado de la información de una manera rápida y eficiente.
- La información biofísica presentada es una herramienta para conocer información actualizada de vegetación y suelo, lo cual da mayor validez a cualquier diagnóstico que se desee hacer en el área.
- Este estudio permite tomar decisiones concretas sobre la problemática de la zona y sienta las bases para el ordenamiento ecológico en la cuenca alta del río Magdalena
- Los proyectos de planificación ambiental deben utilizar a las unidades de paisaje como base inicial y fundamental, ya que es una forma de conocer íntegramente los aspectos biofísicos y socioeconómicos de una región y su problemática y por lo tanto conlleva a la toma de decisiones más acordes con la realidad.

Recomendaciones

- Es necesaria la intervención de especialistas en cada rubro, pero también es importante lograr una comprensión sintética de la región y de las variables que la afectan.
- Es fundamental ver al ecosistema como un todo y no como la suma de las partes, para obtener información integrada, la cual pueda servir de base para proyectos de planificación ambiental. Sin embargo, uno de los principales problemas de los estudios multidisciplinarios es la débil capacidad de hacer un manejo sistémico de la información. Por esto, resulta muy complicado obtener una visión integral del problema.
- Se recomienda tener mucho cuidado con el tipo y el acceso a la información. Ya que muchas veces no se cuenta con los datos suficientes, o estos no están a la misma escala.
- Es fundamental que exista una buena comunicación entre las autoridades, la comunidad científica y la población, ya que muchas veces la cooperación resulta difícil.
- Deben utilizarse los sistemas de información geográfica, ya que con ellos se puede generar una base de datos de libre acceso, en donde la población sepa que se está haciendo en su zona, los científicos puedan acceder a las áreas para realizar estudios y las autoridades puedan basarse en esos estudios para generar programas de manejo más acordes con la realidad.
- Es importante sintetizar no solamente la información de este estudio, sino la de todos los trabajos que se han hecho y se están haciendo para la zona protectora, de tal manera que se tenga mayor información para estudios posteriores.

- Es necesario que el trabajo se divulgue, ya que es fundamental que las autoridades encargadas de la protección de la zona estén al tanto de toda la información que se tiene para el área, para que cuenten con mayores y mejores herramientas en la toma de decisiones. De igual manera es importante informar a los comuneros de la cuenca de las potencialidades de los estudios, para que ellos también entiendan cuales son los usos más apropiados para la tierra y de esa manera colaboren con la conservación de la zona, la cual, es sumamente importante para el abastecimiento hídrico de la ciudad de México.

Literatura Consultada

- Álvarez K. 2000. Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los dinamos, área de conservación ecológica de la Delegación Magdalena Contreras. Tesis de licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México, 127 pp.
- Aguilera N. 1989. Tratado de Edafología de México. Tomo 1. Laboratorio de Investigación de edafología. Departamento de Biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 222 pp.
- Ávila-Akerberg V. 2002. La vegetación en la cuenca alta del río Magdalena: un enfoque florístico, fitosociológico y estructural. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 92 pp.
- Ávila-Akerberg V. 2003. Autenticidad de los bosques en la cuenca alta del río Magdalena. Diagnóstico hacia la restauración ecológica. Tesis de maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, México. En Prensa.
- Ávila H. 1993. Algunos antecedentes de la teoría regional: su práctica en América Latina. En: Ávila Sánchez H. (comp.). *Lecturas de análisis regional en México y América latina*. Universidad Nacional Autónoma de Chapingo, México, 13-24 pp.
- Barrera O. 1998. Reflexiones epistemológicas sobre geografía, *Serie Varia*. N° 17, México, 5-24 pp.
- Bonfil C , I Pisanty, A Mendoza, J Soberón. 1997. Investigación y restauración ecológica. El caso del Ajusco medio. *Ciencia y Desarrollo*. Vol.XXIII. N° 135: 15-23pp
- Bunce H, L Ryszkowski & Paoletti, M. 1993. *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers. Boca Raton. 241 pp.

- Bronsveld K. H Huizing, Omakupt, M. 1994. Improving Land Evaluation and Land Use Planning. *ITC Journal*. 4. 359-365 pp.
- Carrizo, J. 1982. Planificación del medio ambiente. Cuadernos del centro internacional de formación en ciencias ambientales. Madrid. 110 pp.
- Comisión Coordinadora para el Desarrollo Rural: Subdirección Regional N°1.1988. Estudio de suelos de parte de la comunidad Magdalena Contreras, Delegación Magdalena Contreras, D.F. 768 pp.
- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2003. Regionalización. En www.conabio.gob.mx.
- Delegación Magdalena Contreras. 2002. Geomorfología e hidrología. En www.mcontreras.df.gob.mx
- Eguiarte F, F Cruz, I Ramírez del Razo, B Apolinar, A Vázquez, 2002. Evaluación del avance de la mancha urbana sobre el área natural protegida de la Cañada de los Dinamos. Instituto Nacional de Ecología. En www.ine.gob.mx
- Etter, A. 1991. Introducción a la ecología de paisaje (un marco de integración para los levantamientos rurales), Unidad de levantamientos rurales, Subdirección de Docencia e Investigación, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia, 83 pp.
- Ezcurra, E. 1990. De las chinampas a la Megalópolis, Colección la Ciencia desde México. Fondo de Cultura Económica. México. 119 pp.
- Forman, R & Godron, M. 1986. Landscape Ecology. John Wiley and Sons. Nueva York. 619 pp.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 217 pp.

- Garza, G. 2000. Delegación La Magdalena Contreras. En: Garza, G. (coord.). La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. Ed. Gobierno del Distrito Federal y El Colegio de México, México, D.F. 768 pp.
- Gourou, P. 1982. Terres de Bonne espérance, le Monde tropical, Ed. Plon, Collection Terre Humaine, Paris.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1995. Estadísticas del medio ambiente natural y asentamientos humanos en el Distrito Federal.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 2000. Base de datos de los censos. Información interna.
- López B. 1994. Geoecología del paisaje e impacto ambiental en la Sierra Nevada. Tesis de maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM; México, 107 pp.
- Luning H. 1985. Survey Integration Comes of Age. *ITC Journal*. 4 : 252-259 pp.
- Martínez F. 2002. Síntesis de las unidades ambientales biofísicas de la subcuenca del río Colotepec, Edo. de Morelos, mediante la aplicación del enfoque geomorfológico y un SIG. Tesis de maestría en Ciencias, Facultad de Ciencias. UNAM. 992 pp.
- Martínez R., E. 2000. Restauración Ecológica y Biodiversidad. Dirección Técnica de Análisis y Prioridades. Reporte técnico. CONABIO. México.
- Mazari M. (Comp.). 2000. Dualidad Población-Agua: Inicio del Tercer Milenio. Ed. El Colegio Nacional, México D. F., 281 pp

- Mendoza M y G Bocco, 1998. La regionalización Geomorfológica como base geográfica para el ordenamiento de territorio: Una revisión bibliográfica. *Serie Varia*. N° 17. Instituto de Geografía. UNAM. 25-45pp.
- Metternicht, G. 1999. Planificación Regional del uso de la tierra y del Agua. Informe Especial. *Geoinformación*. 21-33 pp.
- Mohamed, A, M, Sharifi, Keulen, H. 2000. An integrated agro-economic and agro-ecological methodology for land use planning and policy analysis. *JAG*. Volume 2. Issue 1: 87-103pp.
- MOP. 1991. Guía para la elaboración de estudios del medio físico. 3ra. Ed., España.
- Nava, M. 2003. Los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. Un estudio de vegetación y fitodiversidad. Tesis de licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.
- Naveh Z & A Lieberman. 1984. *Landscape Ecology: Theory & Application*. 2nd Edition. New York.
- Ontiveros A. 1980. Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena. Tesis licenciatura en Geografía, Facultad de Filosofía y Letras. UNAM. México.
- Pieri, C. 1997. Planning sustainable land management: the hierarchy of user needs. *ITC Journal* 3 /4: 223-228 pp.
- Putte, R. 1989. Land Evaluation and Project Planning. *ITC Journal*. 2. 139-143 pp.
- Rzedowski J. y Rzedowski G. (eds). 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2^a ed. CONABIO, Instituto de Ecología, UNAM, México, 1406 pp

- Toledo V.M y M.J Ordoñez. 1998. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. En Ramamoorthy, T.O., R. Bye, A.Lot y J.Fa. (eds). Diversidad biológica de México: orígenes y distribución. Instituto de Biología. UNAM. 739-755 pp.
- Turner M. 1989. *Landscape Ecology: The Effect of patterns on process*, 171-197 pp.
- Turner M & R Gardner 1991. *Quantitative Methods in Landscape Ecology*", Springer-Verlag, 536 pp.
- Zonneveld, I. 1995. *Land Ecology: An Introduction to Landscape ecology as a base for the land evaluation, land Management and conservation*. SPB Academic Publishing, Amsterdam. The Netherlands.