



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

LOS BOSQUES DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO
MAGDALENA, D.F., MÉXICO. UN ESTUDIO DE
VEGETACIÓN Y FITODIVERSIDAD

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

B I Ó L O G A

P R E S E N T A:

MARIANA ZARETH NAVA LÓPEZ



DIRECTORA DE TESIS: Dra. LUCÍA ALMEDINA LEÑERO

MÉXICO D.F.

2003

INDICE

	Página
I RESUMEN	1
II INTRODUCCIÓN	
❖ Biodiversidad y servicios ecosistémicos	2
❖ México como un país megadiverso	5
❖ La zona templado-subhúmeda de México	6
❖ Fitosociología: un método para el estudio de la vegetación	11
❖ Justificación	13
III OBJETIVOS	15
IV ÁREA DE ESTUDIO	
❖ Localización	16
❖ Relieve	16
❖ Geología	17
❖ Hidrología	18
❖ Suelo	19
❖ Clima	20
❖ Vegetación	21
❖ Importancia del área de estudio	22
V METODOLOGÍA	
❖ Trabajo de campo	23
❖ Análisis suelo	25
❖ Determinación de especies	25
❖ Análisis de la información: definición y descripción de comunidades y asociaciones	26
❖ Elaboración de mapa de vegetación	27
❖ Fitodiversidad	27
❖ Análisis altitudinal	28
VI RESULTADOS	29
VI.1 Descripción de comunidades	30
❖ Comunidad de <i>Pinus hartwegii</i>	30
❖ Comunidad de <i>Abies religiosa</i>	32
❖ Comunidad de Bosque mixto y de <i>Quercus</i>	34
VI.2 Fitodiversidad	40
VI.3 Análisis altitudinal	46
VII DISCUSIÓN	49
VIII CONCLUSIONES	59
IX REFERENCIAS	61
X ANEXO	65

Resumen

Se analiza y describe la vegetación de los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F. (2925 ha) ubicada en la región Mesoamericana de Montaña, mosaico de elementos holárticos en el estrato arbóreo y neotropicales en el arbustivo y herbáceo. El área de estudio es una zona de infiltración del agua de lluvia por lo que es importante el análisis de la vegetación que en un futuro sirva en la formulación de criterios para planes de conservación y manejo. Dada su importancia, pertenece al suelo de conservación del Distrito Federal.

Siguiendo la escuela fitosociológica de Zurich-Montpellier, se realizaron 87 levantamientos que revelan la existencia de tres comunidades vegetales corroboradas con un análisis de clasificación jerárquica y aglomerativa utilizando el programa PC-Ord 4 (Mc Cune and Mefford, 1999):

1) Comunidad *Pinus hartwegii* con dos asociaciones; *Muhlenbergia quadridentata* y *Calamagrostis toluensis*; 2) Comunidad de *Abies religiosa* con asociación de *Senecio angulifolius* y *Acaena elongata* y 3) Comunidad de Bosque Mixto y de *Quercus* con *Abies religiosa-Senecio cinerarioides*, *Quercus laurina-Abies religiosa*, *Quercus laurina-Quercus rugosa* y *Pinus patula-Cupressus lusitanica-Alnus jorullensis ssp. jorullensis*. Se distinguieron tres pisos altitudinales que corresponden con las tres comunidades vegetales: superior (2400-3800m snm), medio (2750-3500 m smn) e inferior (2600-3300 m snm).

Se registran 57 familias, 120 géneros y 194 especies, 8 de ellas endémicas y 48 indicadoras de perturbación. Compositae es la familia más importante y *Eupatorium* el género dominante. *Abies religiosa*, es la comunidad de mayor extensión y diversidad dentro del área de estudio.

II. Introducción

II.1 Biodiversidad y servicios ecosistémicos

¿Qué es biodiversidad?

Son muchos los enfoques o puntos de vista mediante los cuales puede ser definida tan sencilla y usual palabra, característica fundamental de todos los sistemas biológicos (Solbrig 1991). Con esta pregunta no sólo se reflexiona sobre las diferentes acepciones que este espectacular y controversial término puede tener, también permite analizar el contexto social, económico, político y cultural mediante el cual se ha dado uso del legado más importante de la evolución biológica.

En los últimos años, la diversidad biológica se ha convertido en el paradigma de lo que se tiene y se está perdiendo. El interés creciente por la conservación de esta, ha llevado a un esfuerzo por definirla y averiguar la razón de su existencia y de su no existencia (Halffter y Ezcurra, 1992).

Una respuesta general, clara y sencilla ante tal inquietud, sugiere a la biodiversidad como el resultado del proceso evolutivo que se manifiesta en la existencia de diferentes modos de ser para la vida, siendo la mutación y la selección las responsables de asignar las características y la cantidad de diversidad existente en un lugar y momento dado (Halffter y Ezcurra, 1992).

Hablar de biodiversidad, es hablar del total de las formas de vida del planeta, desde especies y su identidad genética hasta ecosistemas y los procesos ecológicos involucrados (Myers, 1996), abarca toda la escala de organización de los seres vivos y se puede ver a partir de las diferencias a nivel genético, diferencias en las respuestas morfológicas, fisiológicas y etológicas de los fenotipos, diferencias en las formas de desarrollo, en la demografía y en las historias de vida (Halffter y Ezcurra, 1992).

Solbrig, 1991, define la diversidad biológica como la propiedad de las distintas entidades vivas de ser variadas y la considera como característica de todos los sistemas biológicos. Se manifiesta en todos los niveles jerárquicos: de las moléculas a los ecosistemas (Halffter y Ezcurra, 1992).

En un sentido estricto, la diversidad es un concepto derivado de la teoría de sistemas, siendo simplemente la medida de heterogeneidad de un sistema, y para el caso de los sistemas

biológicos, se refiere a la cantidad y proporción de los diferentes elementos biológicos contenidos en él (Halffter y Ezcurra, 1992).

Sin embargo, desde el punto de vista conservacionista y de manera más concreta, la biodiversidad es en esencia, la riqueza total de especies vista desde tres niveles:

- Variedad de especies dentro de los ecosistemas (diversidad α)
- Variación genética intraespecífica
- Variedad de ecosistemas en la biosfera (intrapoblacional) (diversidad β)

La diversidad α , es una función de la cantidad de especies presentes en un mismo hábitat, mientras que la diversidad β es la medida del grado de partición del ambiente en parches o mosaicos biológicos, es decir, mide la contigüidad de hábitats diferentes en el espacio (Halffter y Ezcurra, 1992).

Finalmente, existe un componente genético o intraespecífico de la heterogeneidad biológica. A nivel de una sola especie puede existir mucha o poca variabilidad genética, dada por la cantidad de alelos diferentes que tenga la especie. Este último, es un componente importantísimo de la biodiversidad.

La importancia que presenta la diversidad biológica, no sólo se debe a los beneficios que de ella obtiene el hombre. Por una parte, la riqueza de plantas y animales tiene un valor incalculable dado que se habla del patrimonio natural resultado de la evolución (Halffter y Ezcurra, 1992). Esto a su vez ofrece una serie de servicios ecosistémicos indispensables para el mantenimiento de la vida en la tierra. Por tanto, y de manera muy general, estos servicios pueden definirse como los beneficios que se derivan de un ecosistema hacia la sociedad: amplia gama de condiciones y procesos mediante los cuales los ecosistemas y las especies que forman parte de ellos ayudan a mantener la vida sobre la faz de la tierra (Daily, 1997).

Los servicios ecosistémicos, reflejan las funciones ambientales y los procesos ecológicos de un ecosistema, siendo sus atributos naturales benéficos para la humanidad (Myers, 1996).

Entre estos servicios se incluyen los siguientes:

- Hábitat para especies de flora y fauna.
- Protección contra la erosión y control de sedimentación.
- Regulación en la composición química de la atmósfera.
- Captación, transporte y saneamiento de aguas tanto superficiales como subterráneas.
- Generación de biomasa y de nutrientes para actividades productivas.
- Mantenimiento de la diversidad de especies y del patrimonio genético de la humanidad.
- Provisión directa de recursos y materias primas.
- Oportunidades para la recreación y el turismo.
- Campo para la investigación científica y tecnológica.

La historia del concepto de Servicios Ecosistémicos (SE), se ha catalogado como una historia fragmentada, ya que por un lado se enuncian las preocupaciones de científicos primero, y ambientalistas después, sobre los resultados de la intervención de la actividad humana en los ecosistemas mientras que por otro lado, se desarrollan las bases teórico-metodológicas del estudio de los ecosistemas. En 1970, se describe por primera vez de una manera explícita la relación entre las funciones de los ecosistemas como los responsables de proporcionar servicios a la humanidad indispensables para su sobrevivencia. Es hasta 1997 que se consolida la conceptualización sobre SE reconociendo que este tema es por consenso de un panel de científicos, relevante para la investigación ambiental. Por otro lado, se reconoce que es un tema de carácter interdisciplinario ya que para su conceptualización, fue necesaria la participación tanto de biólogos de diferentes especialidades, como economistas y científicos de otras áreas sociales (Vizcaíno, Com. Pers.).

II.2 México como un país megadiverso

México es un país sumamente diverso en el que se ven representadas casi todas las comunidades vegetales que existen en el mundo. Esta gran diversidad biológica está determinada por la extensión del territorio, la topografía, gran variedad de climas, una historia geológica y por

supuesto la ubicación entre dos regiones biogeográficas (Neártica y Neotropical) que permiten manifestar en su composición vegetal elementos de ambas regiones en proporciones importantes (Rzedowski, 1978).

Así mismo, la posición biogeográfica de México ha significado que sus cordilleras funcionen como islas ecológicas o rutas de migración generando gran diversidad de hábitats y variados tipos de vegetación (Rzedowski, 1991 a y b).

Estas condiciones han permitido que México se defina como un país megadiverso dada la riqueza de especies que alberga, alrededor del 10 % de la diversidad total del planeta (Dirzo, 2001). Se sitúa dentro de los doce países megadiversos ocupando el primer lugar en especies de reptiles (717); el cuarto en anfibios (295); el segundo en mamíferos (500); el undécimo en aves (1150) y el cuarto en riqueza de plantas dado que se calculan alrededor de 25 mil especies (Quadri et al., 2002).

No conforme con tal riqueza, el país cuenta con importantes endemismos (Quadri et al., 2002), y considerando el hecho de que la flora mexicana es una de las más ricas del mundo (Rzedowski, 1991 b) y que entre el 10 y 15 % de los géneros y 52 % de las especies de plantas con flores son endémicos, es de esperarse que el país haya sido lugar de origen y evolución de muchos linajes de plantas (Challenger, 1998).

Sin embargo, toda esta variedad de especies no se distribuye homogéneamente en el territorio. En cambio, su arreglo ecológico está definido acorde a los tipos de vegetación (Dirzo, 2001), que son resultado a su vez, del conjunto de las condiciones medioambientales como clima, orografía, latitud y geomorfología, entre otras (Toledo, 1993).

Dicho de otra forma, la biodiversidad, encuentra su expresión concreta en la distribución geográfica y ecológica de los organismos, es decir, en su localización en los diferentes espacios que forman el territorio nacional (Toledo y Ordóñez, 1998).

Para el caso de los hábitats naturales de México y en especial los terrestres, el territorio mexicano puede dividirse con relativa facilidad con base en la distribución de dos elementos: la vegetación y el clima. Basándose en estos dos criterios, varios autores han dividido al país para el estudio de la flora, (Rzedowski, 1978), la fauna de vertebrados (Flores y Gerez, 1989), culturas (West, 1964), entre otros. El agrupamiento mediante ciertos criterios fisonómicos y fitogeográficos, y

sobre todo, la correlación con los principales tipos de clima permite definir grandes unidades ambientales, equivalentes a los conceptos de región natural, bioma o zona ecológica (Toledo y Ordóñez, 1998).

De esta manera y bajo la definición de Toledo 1991, basada en vegetación, clima y biogeografía, se reconocen para México seis hábitats terrestres naturales: tropical húmedo y subhúmedo, templado húmedo y subhúmedo, árido-semiárido y alpino (Toledo y Ordóñez, 1998).

Estos hábitats terrestres, son de importancia biológica por contener una gran variedad de especies (en cualquiera de los tres niveles de biodiversidad) o por estar habitados por grupos de especies raras o de distribución ya sea restringida o circunscrita al territorio mexicano (Toledo y Ordóñez, 1998).

II.3 La zona templado-subhúmeda de México

Esta zona, cubre la mayor parte de las áreas montañosas de México registrando la presencia y abundancia en bosques de pinos, encinos y bosques mixtos (Toledo, 1998). Abarca una superficie cercana a 33 millones de hectáreas que incluye a 20 estados (Ávila, 2002) siendo aproximadamente el 15 % de la superficie nacional (Toledo, 1993), de las cuales 15 % son terrenos agrícolas, 11 % ganaderos, 11% de vegetación distinta a bosques y 63 % son bosques (Toledo y Ordóñez, 1998).

Esta zona ecológica se distribuye a lo largo de los principales sistemas montañosos del país: sector sur de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, Eje Volcánico Transmexicano (EVT) y en áreas adyacentes como la Sierra Madre del Sur, norte de Oaxaca, Macizo Central y en la Sierra Madre de Chiapas (Toledo, 1993; Rzedowski, 1978). Esta ubicación, convierte a la zona templado-subhúmeda un hábitat de enorme importancia biológica y biogeográfica (Ávila, 2002), dada por el número de especies, así como por la alta proporción de endemismos (Rzedowski, 1991 b).

El clima de esta zona es marcadamente estacional con inviernos fríos y veranos cálidos y húmedos (Challenger, 1998), es del tipo Cw o templado y subhúmedo con promedios anuales de precipitación que varían de 800 a 1600 mm y una temperatura media anual de entre 10° y 20° C.

Los principales tipos de vegetación de la zona son bosques de *Pinus*, *Quercus*, *Abies* y bosque mixto, mientras que el mesófilo de montaña, ubicado en la zona templada del país, representa la transición entre las comunidades tropicales y las templadas (Ávila, 2002). Su notable masa forestal, hace de la zona templado-subhúmeda un área apta para el aprovechamiento forestal en sus partes escarpadas o con relieve y agrícola en sus partes planas y cercanas a cuerpos de agua (Toledo, 1993).

Cabe destacar, que estas zonas fueron y son asentamiento de diferentes culturas indígenas que han desarrollado una amplia gama de estrategias para alcanzar su subsistencia (Toledo, 1993). Lamentablemente, esta influencia humana sobre la vegetación natural de México resultó altamente destructiva. Los métodos de destrucción y perturbación de la vegetación han sido diversos, algunos de ellos de impacto directo y otros indirectos (Rzedowski, 1978). Dentro de los indirectos se pueden citar las modificaciones que sufre la vegetación en cuanto a su composición florística generando así, el establecimiento de plantas arvenses o ligadas a cultivos y plantas ruderales que son propias de poblados y vías de comunicación.

II.3.1 La cuenca del valle de México y la zona templado-subhúmeda: principales comunidades vegetales

La cuenca de México está situada en la porción central de la República Mexicana y al sur de la Altiplanicie Mexicana (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Es una cuenca hidrográfica endorreica de origen volcánico, rodeada por montañas que forman parte del Eje Volcánico Transmexicano (Espinosa y Sarukhán, 1997), abarcando una superficie aproximada de 7500 km² (Rzedowski y de Rzedowski, 2001).

Aproximadamente el 2% de las plantas del planeta se desarrollan en las áreas boscosas de filiación templada presentes en la cuenca del Valle de México (CVM) (Ávila, 2002). La cuenca del valle de México, mantiene a la fecha grandes áreas boscosas, que pueden diferenciarse en cuatro principales tipos de vegetación según la denominación de Rzedowski (2001).

Bosque de Pinus

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 y de Rzedowski, 2001). La distribución altitudinal dependerá de la especie en particular de pinar, la cual será diferente para cada una (Espinosa y Sarukhán, 1997). Sin embargo, todas estas comunidades tienen una fisonomía similar y son siempre verdes en función de la fenología de los árboles dominantes. Se desarrollan en lugares con una precipitación de entre los 700 y 1200 mm anuales, creciendo sobre suelos profundos o someros y ocasionalmente pedregosos (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Pueden ser masas puras o admitir otras especies arbóreas principalmente del género *Quercus* (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Los pinares que dominan casi de forma exclusiva la parte meridional de la CVM, pertenecen a la especie de *Pinus leiophylla*, que se distribuye de los 2350 a los 2600 m snm (Espinosa y Sarukhán, 1997). Melo y Alfaro (2000), registran que es el bosque de mayor disturbio y pérdida forestal en la cuenca.

Predominando también en la parte meridional de la cuenca, se encuentra *Pinus montezumae* entre los 2500 y 3100 m snm, seguido por *Pinus rudis* que se desarrolla entre los 2700 a 3000 m snm en las montañas del lado norte y poniente de la cuenca. Este último, representa la comunidad más xerófila de los pinares (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Por último, y marcando el límite de la vegetación arbórea, se encuentra *Pinus hartwegii* en cotas de entre 3300 y 4100 m snm bajo influencia física dominada por relieve abrupto y suelo poco evolucionado (Melo y Alfaro, 2000).

Bosque de Abies religiosa

Confinados 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, 1978).

Desde el punto de vista fisonómico, ecológico y florístico, esta es una comunidad bien definida: siempre verde, con cobertura densa y elevada talla (20–40 m). Este bosque se ubica en las principales serranías de la cuenca, en altitudes que varían de los 2700 a los 3500 m snm (Melo y

Alfaro, 2000), en zonas donde por lo general prevalecen condiciones de relieve accidentado, suelos profundos y bien drenados con alto contenido de materia orgánica y húmedos todo el año (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Esta comunidad junto con la del mesófilo de montaña, constituyen los tipos de vegetación de zonas templadas, más exigentes en cuanto a humedad se refiere, haciendo una clara excepción desde luego, a los ligados a corrientes o depósitos permanentes de agua (Rzedowski y de Rzedowski, 2001).

Aparentemente, el cubrimiento del bosque de oyamel en la cuenca no difiere de su superficie original, formando en la actualidad manchones amplios, densos y continuos. Esto ligado a su vez al aceptable grado de conservación que obedece en cierta medida al hecho de ocupar áreas en los parques nacionales como el Iztaccíhuatl – Popocatepetl, Cumbres del Ajusco, Desierto de los Leones, El Chico y los Dinamos (Melo y Alfaro, 2000).

Bosque de Quercus

Los bosques de *Quercus* o encinares son frecuentes también en la zona montañosa de la cuenca de México. Junto con los pinares, constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo en México (Rzedowski, 1978). Ocupan vertientes bajas en altitudes que oscilan entre 2350 y 3100 m snm (Melo y Alfaro, 2000) y prosperan sobre suelos profundos o someros, en áreas en que llueve de 700 a 1200 mm en promedio anual (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Dicho factor, determina que los encinares ocupen hábitats muy similares a los correspondientes del bosque de *Pinus* (Rzedowski y de Rzedowski, 2001), siendo en algunos casos, difícil la separación de un bosque de pino con uno de encino ya que se suele formar lo que se conoce como bosques mixtos. Así también, dada su extensa amplitud ecológica, los encinares se relacionan con los bosques de *Abies* y con el bosque mesófilo de montaña (Ávila, 2002).

El bosque de *Quercus*, es poco denso, presentando un dosel bajo que varía de 5 a 20 m. Su estructura arbórea la integran varias especies, algunas de las cuales pierden el follaje y otras son siempre verdes (Melo y Alfaro, 2000).

De la misma forma que los pinares, los encinares presentan asociaciones de especies diferentes de *Quercus*, distribuidos en pisos altitudinales distintos. Tal es el caso del encinar de *Quercus*

rugosa que suele prosperar entre las cotas de 2500 y 2800 m snm, puro o con otras especies arbóreas (Espinosa y Sarukhán, 1997).

Bosque mesófilo de montaña

Este tipo de vegetación presenta una distribución fragmentada (Ávila 2002) y ocupa un área reducida no mayor a 2 km² para la cuenca. 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 viento (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Su distribución se ve restringida a ciertas condiciones de alta humedad ambiental donde la precipitación media anual rebasa los 1000 mm (Ávila, 2002) y la temperatura en promedio anual varía de 12 a 14 °C. Los suelos son por lo general profundos, ricos en materia orgánica y húmedos durante todo o casi todo el año (Rzedowski y de Rzedowski, 2001).

Dentro de las especies dominantes más constantes se pueden citar: *Clethra mexicana*, *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Ilex toluicana*, *Meliosma dentata*, *Prunus brachybotrya* y *Quercus laurina* (Espinosa y Sarukhán, 1997).

II.4 Fitosociología: un método para el estudio de la vegetación

Iniciada por J. Braun Blanquet a mediados del siglo pasado (Ávila, 2002), la fitosociología, parte significativa de la Biosociología (Braun-Blanquet, 1979), es un método para el estudio y descripción de comunidades vegetales. Parte de la base conceptual de que las plantas ocurren asociadas en áreas ecológicamente homogéneas, agrupadas por su identidad y forma de crecimiento, siendo “la planta aislada” la unidad última en todas las consideraciones fitosociológicas (Mueller-Dumbois y ElleMBERG, 1974).

Este sistema, se basa en la premisa de que la composición florística total de una porción de la vegetación es la que mejor expresa las relaciones entre los distintos tipos de vegetación y entre éstos y el ambiente.

Una comunidad vegetal se entiende como un tipo de vegetación definido por su composición florística. De esta manera, la fitosociología delimita agrupaciones de especies bajo características particulares de estructura y composición (Ávila, 2002).

La escuela fitosociológica de Braun-Blanquet parte de los siguientes criterios (García, 1982):

- Las comunidades de plantas se conciben como tipos de vegetación determinadas por su composición florística.
- Dentro de las relaciones ecológicas, existen especies con determinada importancia que las hace indicadoras (se denominan diagnósticas que comprenden las especies características, las diferenciales y las acompañantes (Matteucci y Colma, 1982).
- La unidad fundamental para organizar las comunidades en una clasificación sistemática es la asociación, la cual se determina por su composición florística.
- Existen categorías por encima de la asociación (alianzas, órdenes, clases,...) y también por debajo (subasociación, variedad, facie), ordenadas en una progresión ecológica (jerárquica).

Esta metodología utiliza unidades de muestreo llamados levantamientos fitosociológicos o relevés, que consisten en tomar áreas representativas y homogéneas de las comunidades en estudio resaltando la presencia y estimando la cobertura de las especies vegetales de cada unidad (Silva, 1998).

Posteriormente, estos datos se organizan dentro de una tabla fitosociológica en donde se pueden comparar y obtener además de información clasificada, información no revelada en campo. Una tabla fitosociológica, es de mucha ayuda para documentar la información florística del estudio de vegetación (Mueller-Dumbois y ElleMBERG, 1974), es una de las fases de análisis más importantes. Como señala Braun-Blanquet (1951), “Las tablas de asociaciones elaboradas de manera adecuada, son comparables para la determinación de las especies diagnósticas. De la tabla podemos deducir si se ha trabajado seria y confiablemente” (García, 1982).

La Fitosociología abarca todos aquellos fenómenos e investigaciones que afectan a la vida en comunidad de las plantas, siendo sus principales problemas a investigar (Braun-Blanquet, 1979):

- ¿Cómo están constituidas las comunidades particulares y cómo pueden clasificarse?

- ¿Cuáles son los factores ambientales que determinan la comunidad y cómo actúan sobre ella?
- ¿Cómo se han formado las comunidades y qué será de ellas?
- ¿Cómo se distribuyen espacialmente las comunidades?

A pesar de la subjetividad de la metodología, la fitosociología ha sido una herramienta excelente para el ecólogo de campo y base en muchas ocasiones para la delimitación y evaluación de poblaciones faunísticas (Braun-Blanquet, 1979). Sus aplicaciones han sido de gran ayuda para el desarrollo de planes de manejo y conservación debido a que provee las bases para medir la heterogeneidad ambiental y la riqueza biológica detectando unidades de interés particular para su conservación. De la misma forma, ha sido de gran utilidad para jerarquizar la vegetación y elaborar mapas.

II.5 Justificación

Desde sus inicios, el hombre ha obtenido beneficios de los sistemas naturales y de hecho, gran parte de las cosas que se utilizan en la vida cotidiana, provienen de los ecosistemas. Una consecuencia grave de este gran aprovechamiento de los recursos naturales, resulta en una lamentable pérdida de la biodiversidad. Esto último, ha generado gran interés por parte de los investigadores de las ciencias naturales, por llevar a cabo planes de manejo para la conservación y/o restauración de zonas que se encuentran en constante perturbación. Sin embargo, es muy importante la existencia de estudios previos, que justifiquen de manera tangible y además dirijan el plan que se utilizará para manejar determinada área natural.

Los estudios de vegetación, un ejemplo básico de esto último, son la antesala hacia muchos otros estudios cuyo objetivo principal, visto desde un propósito académico, es generar información dentro del campo de la vegetación, o bien emplear estos conocimientos a la solución de problemas aplicados.

El conocimiento de la vegetación, es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo, por su importancia como subsistema fundamental del sistema ecológico (Matteucci y Colma, 1982).

La importancia de este tipo de estudios, radica en que es la mejor manera de conocer la diversidad de especies, ya que resulta ser una radiografía que muestra el estado en el que se encuentra la vegetación. Así también, el llevar a cabo un análisis de su distribución geográfica, permite visualizar la importancia de esta no sólo como unidad vegetal si no también, como reserva de germoplasma de la flora templada del país (Almeida, 1997).

La cuenca alta del río Magdalena, resulta ser un ecosistema de gran importancia dada su cercanía a la Ciudad de México. Por su aporte hídrico y cobertura vegetal que posee, resalta la necesidad de efectuar la identificación y el análisis de las diferentes especies que integran la zona, permitiendo con ello examinar las condiciones actuales que se presentan en la región.

Dentro del área de la conservación de ecosistemas, la descripción y análisis de comunidades vegetales son base importante para medir la heterogeneidad ambiental, riqueza biológica así como también, para detectar áreas prioritarias para su manejo. Es por esto, que el presente trabajo sirve de base para estudios futuros de ecología y conservación.

El presente trabajo forma parte de un proyecto más grande que se está realizando para la cuenca alta del río Magdalena, por lo que la etapa de campo y algunos análisis posteriores, se trabajaron de manera conjunta para la realización de distintos trabajos de tesis de licenciatura y Maestría.

III. Objetivos

Objetivo general

- Conocer, describir y analizar la vegetación y fitodiversidad de los bosques de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Objetivos particulares

- Definir las comunidades y asociaciones vegetales presentes en la cuenca.
- Obtener un listado florístico de plantas vasculares, que permita conocer la diversidad a nivel de familia, género y especie.
- Conocer el patrón de distribución de las comunidades dentro de la cuenca.

IV. Área de Estudio: La cuenca alta del río Magdalena, D.F., México

IV.1 Localización

La cuenca alta del río Magdalena se localiza al límite sur–occidental del Distrito Federal dentro de la cuenca de México enclavada en la sierra de las Cruces (Ontiveros, 1980), en la región que continúa a la sierra del Chichinautzin y que constituye el parteaguas de esta cuenca con la del Balsas (Ávila, 2002).

Dentro del Distrito Federal, abarca parte de las delegaciones políticas Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa (Ávila, 2002) (Figura 1). Sus coordenadas geográficas extremas son: 19° 13' 53'' y 19° 18' 12'' de latitud norte y 99° 14' 50'' y 99° 20' 30'' de longitud oeste. Al norte limita con los pueblos de San Bartolo Ameyalco, Santa Rosa y el Desierto de los Leones, siendo sus límites al sur, los montes de la Hacienda de la Eslava y el Ejido San Nicolás Totolapan. Ocupa una extensión total de 2,925 hectáreas (Ávila, 2002).

IV.2 Relieve

Es de esperar que los bosques de la cuenca alta del río Magdalena se desarrollen en un relieve montañoso dada su ubicación dentro del Eje Volcánico Transmexicano (Álvarez, 2000). La altitud mínima es de 2570 m en el noreste, al límite del área ecológica con la urbana mientras que la altitud máxima se registra hacia el suroeste en el cerro el Muñeco con 3850 m de altitud (Ávila, 2002).

Las menores altitudes del área se encuentran al este del trayecto que se conoce como “camino a los Dinamos” y al noreste de las cañadas Atzoma, Canoitas y Tlalpuente, con pendientes inclinadas que llegan a formar un desnivel de 400 m (Álvarez, 2002).

En general, el área presenta cerros aislados; del lado oeste de la cuenca se encuentran los cerros Meyuca, Zacazontetla, los Cajetes, las Palomas, Sasacapa, la Coconetla, Piedras Encimadas, Tarumba, Piedra del Agua y Nezehuiloya, al oriente se localizan los cerros Aguajito, las Canoas y Panza (Álvarez, 2002).

El modelado del relieve montañoso se debe principalmente a la acción erosiva hídrica y al resto de los procesos fisicoquímicos, siendo el desgaste de la corriente del río Magdalena el proceso que ha ido formando un valle intermontano longitudinal joven (Álvarez, 2002).

IV.3 Geología

Geológicamente, el área de estudio presenta diferentes etapas en su evolución estratigráfica, relacionada directamente con el origen de la Cuenca del Valle de México (Ontiveros, 1980). Esta zona está formada por material ígneo extrusivo, producto de manifestaciones volcánicas del Terciario y Cuaternario (Álvarez, 2000).

El basamento de la cuenca alta del río Magdalena está constituido por macizos de la sierra de las Cruces, cuya edad se registra de principios del Terciario, alcanzando el Terciario Superior (Cervantes, 1969). Esta sierra es uno de los principales focos de actividad del Eje Volcánico Transmexicano que se formó como consecuencia de una serie de emisiones pacíficas de lavas ácidas. Formaciones posteriores, dan lugar a los cerros de San Miguel y la Palma (Ávila, 2002).

La Cañada de Contreras, es el resultado de un afallamiento en bloques que deja blancos abruptos de forma regular en donde el río se encajona en márgenes estrechos (Ávila 2002).

La formación Tarango se origina a partir de los cambios posteriores al tectonismo. Las formaciones poco consolidadas fueron arrasadas por las intensas lluvias y depositadas en extensos abanicos aluviales en el flanco este de la sierra de las Cruces, dando origen a dicha formación, que actualmente ocupa toda la parte baja de la cuenca a partir de los 2800 m de altitud (Ávila, 2002).

Las condiciones climáticas que imperaban durante el Cuaternario, dan lugar a la morfología actual de la zona. Se registra un descenso en la temperatura provocando altos niveles de humedad. Se formaron arroyos de tipo torrencial como resultado del escurrimiento por lluvias y deshielo actuando en forma drástica sobre la formación Tarango. Así mismo, es en este periodo en el que se intensifica nuevamente la actividad volcánica, dando como resultado la sierra del Chichinautzin, barrera con un espesor de 2000 m., que interrumpe por completo el drenaje hacia el sur de esta cuenca, entre la sierra Nevada y la sierra de las Cruces (Ontiveros, 1980).

Las fracturas que existen en la cuenca del río Magdalena, son diversas. Éstas se localizan en el oeste y en su mayoría tienen un rumbo al oriente. Existen fracturas que han sido ocupadas por corrientes tales como arroyos Las Regaderas, El Agua escondida y El Potrero (Álvarez, 2000).

IV.4 Hidrología

Dentro de los ríos perennes que destacan dentro de la cuenca alta del río Magdalena, es precisamente el que recibe su nombre, “El Magdalena” el cual es muy importante para la población residente de esta delegación política (Álvarez, 2000). Este río nace cerca de Puerta del Pedregal a los 3640 m de altitud y recorre la cañada de Cieneguillas. Tiene como afluentes los escurrimientos de el Chinaco, San Miguel y Media Luna. Sin embargo, el río más importante en cuanto al aporte de agua se refiere, es el Acopilco (Ávila, 2002).

El cauce del río Magdalena tiene una longitud total de 21,600 m., de los cuales 13, 000 m recorren los bosques de la cuenca. Posteriormente, el río entra a zona urbana hasta llegar a la presa Anzaldo con un recorrido de 4000 m. En este punto, el río es entubado y dirigido hacia el río Churubusco en un trayecto de 2000 m. Las aguas continúan su recorrido para finalmente salir de la cuenca del Valle de México a través de los túneles artificiales de Tequisquiác y llegar a la cuenca del río Tula (Álvarez, 2000).

Las características hidrológicas que presenta la cuenca del río Magdalena se deben a varios factores que le favorecen, como son: altitud y la influencia de las masas marítimas tanto del Golfo como del Pacífico (Ontiveros, 1980). Así mismo, la estructura geológica de la sierra de las Cruces y las precipitaciones han permitido que la zona mantenga una infiltración constante, generando una fuente de almacenamiento de agua subterránea o de mantos freáticos. En algunos sitios dicha agua surge a través de copiosos manantiales (Álvarez, 2000), entre los que destacan (Ávila, 2002):

- Los Pericos, al norte del río Magdalena.
- Las Ventanas, en la ladera sur del cerro Pahueyxiót
- San Miguel, al noreste del cerro de la Palma

- Cieneguillas, al poniente del cerro de la Palma formando el nacimiento del río Magdalena.
- Temascalco y San José, dos manantiales que se originan al norte de la presa Aila.

IV.5 Suelo

Para la cuenca alta del río Magdalena existen diversas unidades edáficas. Estas se han desarrollado a partir del sustrato geológico volcánico, así como por la descomposición y acumulación de plantas y animales y por la acción de los elementos climáticos sobre el relieve (Álvarez, 2000).

La zona contiene principalmente Andosoles, suelos jóvenes, resultado de las últimas manifestaciones volcánicas del Cuaternario (Ontiveros, 1980). Se derivan a partir de cenizas volcánicas de actividad reciente (Álvarez, 2000) presentándose en una topografía accidentada (Ávila, 2002). A pesar de ser susceptibles a la erosión, retienen mucho el fósforo y son potenciales para los recursos forestales (Álvarez, 2000).

Los subtipos de Andosol encontrados en la cuenca son: húmico, ócrico y mólico (Álvarez, 2000). Desde la zona urbana hasta el primer Dinamo, se encuentran Andosoles húmicos de textura media limosa a franca arenosa mientras que para el segundo y tercer Dinamo, los suelos son pobres en materia orgánica, ácidos y nutrientes. En algunas áreas se observa una combinación entre Andosol húmico y Litosol de textura media, principalmente entre el primer y tercer Dinamos (Ávila, 2002).

IV.6 Clima

En la configuración de la cuenca del río Magdalena se han sumado, además de los procesos geológicos, fenómenos de tipo meteorológico como temperatura y precipitación, que de alguna manera determinan el clima presente en la zona (Ontiveros, 1980).

Para el caso de la cuenca alta del río Magdalena, la precipitación es mayor conforme aumenta la altitud. Los porcentajes altos de lluvia se registran para el período de mayo a octubre, siendo la temporada lluviosa durante el mes de julio alcanzando una precipitación que supera los 250 mm.

Esto indica de manera clara que el régimen de lluvia de la zona es eminentemente estival (García, 1987).

Otro factor importante que determina el clima de la zona, es la temperatura. A pesar de estar ubicada en la zona Intertropical, la Cuenca de México y por consiguiente la cuenca del río Magdalena, presenta un descenso en la temperatura determinado por el aumento de la altitud. Las mayores temperaturas acontecen desde marzo hasta octubre, siendo el mes de mayo el más caluroso y enero el más frío (Álvarez, 2000).

De acuerdo con este comportamiento de los elementos climáticos temperatura y precipitación, existen para el área de estudio dos tipos de clima según la clasificación climática de Köeppen modificado por García (Álvarez, 2000).

Para la parte baja de la cuenca, entre los 2400 y 2800 m snm, se presenta el subtipo climático C (w₂) (w) (b) i' g; templado subhúmedo, el más húmedo de los subhúmedos con régimen de lluvias de verano y porcentaje de lluvia invernal menor al 5%. Verano fresco y largo, temperatura media anual entre 12 y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C y la del mes más caliente entre 6.5 y 22°C, poca oscilación térmica y marcha de la temperatura tipo Ganges.

Para la parte alta, de los 2800 a los 3500 m snm el clima es Cb' (w₂) (w) (b') i g, difiriendo del anterior por tener una temperatura media anual entre 5 y 12 ° C con oscilación térmica menor a 5°C, es decir, isotermal (García, 1987).

Debido a corrientes convectivas causadas por la insolación y el efecto del levantamiento orográfico, las lluvias para esta zona son muy intensas, dando evidencia de la disposición hídrica de la cuenca y por ende de su importancia para el mantenimiento de diversas comunidades vegetales así como también la importancia de esta por ser una de las principales zonas de recarga de los acuíferos de la Ciudad de México (Ávila, 2002).

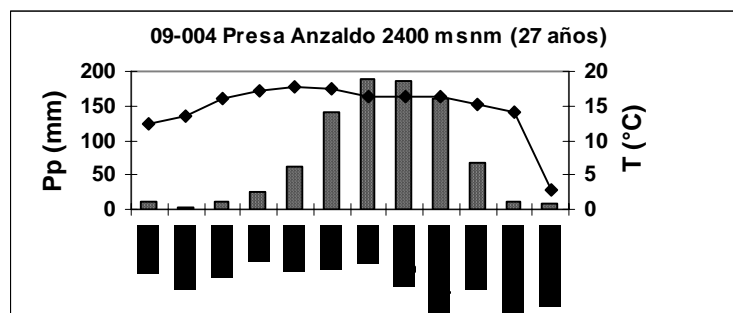


Figura 2.- Gráfica de precipitación y temperatura para la estación Anzaldo. (Datos tomados de García, 1988)

IV.7 Vegetación

Los elementos físicos que componen al área de estudio, tales como el relieve montañoso, el sustrato rocoso, producto de evolución geológica, el clima y elementos atmosféricos, la existencia de agua de manantiales y ríos, así como los suelos, han permitido el desarrollo de un componente biológico de este espacio natural que es la vegetación (Álvarez, 2000), compuesta principalmente por bosques templados en donde se presentan gran variedad de especies tanto maderables como no maderables (Ontiveros, 1980).

De acuerdo a la denominación de Rzedowski (2001), las comunidades vegetales presentes en la cuenca alta del río Magdalena son bosques de *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii* y *Quercus sp.* distribuidos entre los 2600 hasta los 3750 m snm de altitud. Es de esperar, que dado el gradiente climático y las condiciones de humedad de la zona, se observen sobrelapamientos de especies entre estos bosques. dando una compleja mezcla de bosque mixto (Ávila, 2002).

La vegetación del área de estudio forma un mosaico con elementos autóctonos compuesto de elementos holárticos en el estrato arbóreo principalmente, así como neotropicales abundantes para los estratos arbustivo y herbáceo. Presenta una distribución discontinua y es propicia para el desarrollo de endemismos dada la presencia de áreas montañosas aisladas. La cuenca alta del río Magdalena, está comprendida en la Provincia Florística de las Serranías Meridionales, dentro de la región Mesoamericana de Montaña (Ávila, 2002).

IV.8 Importancia del área de estudio.

La cuenca alta del río Magdalena, es uno de los cuerpos de agua más importante para la Ciudad de México dado su empleo como fuente de abastecimiento de agua potable. Es el único río vivo

de la Ciudad de México cuyo excedente hídrico forma parte del 70% del agua que se consume en el Distrito Federal proveniente del subsuelo. Así también, su importancia se debe a que gracias al tipo de suelo y cobertura forestal que presenta, se da la infiltración del agua de lluvia que se integra al manto acuífero del Valle de México (Mazari et al., 2000).

La cobertura forestal presente en la cuenca alta del río Magdalena, brinda una serie de servicios y recursos ecosistémicos: (Ávila, 2002):

- ❖ Contribuye a la retención de suelos de esta cuenca, evitando su erosión
- ❖ Funciona como “amortiguador ambiental”, por la captación de algunos gases contaminantes como dióxido de carbono.
- ❖ Es área de recreación y esparcimiento en las que se desarrollan actividades de escalamiento, renta de caballos, deporte al aire libre, entre otras.
- ❖ Proporciona sustento económico a muchas familias, mediante el aprovechamiento de productos no maderables y el turismo.

Por su ubicación, topografía, cobertura vegetal y abundancia de agua todo el año, esta área natural protegida constituye un verdadero refugio para la flora y fauna de esta región. La masa forestal del bosque presenta gran importancia por el mantenimiento de los niveles freáticos al aumentar la captación de agua, de cuya existencia dependen poblados circunvecinos (Fernández, 1997). Su importancia científica, educativa y recreativa se resalta por contener a la fecha, porciones de bosques originales de la serranía del Ajusco principalmente de *Quercus* y de *Abies*. Dada su importancia, la cuenca alta del río Magdalena, fue decretada como Zona Protectora Forestal el 27 de junio de 1932, con una extensión aproximada de 3100 ha. (DOF, 1932).

V. Metodología

V.1 Trabajo de campo

Para el presente trabajo se siguió la metodología de la escuela fitosociológica de Zürich-Montpellier (Braun-Blanquet, 1974; Mueller-Dombois et al., 1974), adaptada para montañas tropicales (Van der Hammen et al., 1989).

Basados en el concepto de área mínima (Matteucci y Colma, 1982), se realizaron para el área de estudio 59 levantamientos fitosociológicos de 25 x 25 m², durante los meses de junio y julio del 2002. Los sitios de muestreo fueron seleccionados a partir de un muestreo aleatorio estratificado tomando como base las comunidades vegetales propuestas por Ávila, 2002: *Pinus hartwegii-Trisetum altijugum*; *Abies religiosa*, *Quercus rugosa- Quercus laurina*, Bosque mixto y Bosque Mesófilo de Montaña.

A cada uno de los levantamientos le fue asignada una clave: “CARM” (de cuenca alta del río Magdalena), ej. CARM 1, CARM 2...

En el formato de colecta se anotó la siguiente información general:

Clave de la parcela, fecha de colecta: día, mes y año y nombre de los colectores.

Así también, se anotaron los siguientes datos físicos para cada levantamiento:

- **Altitud y coordenadas geográficas:** GPS Garmin III
- **Pendiente:** se tomó el valor de la pendiente del CARM con ayuda de un clinómetro.
- **Orientación:** con una brújula Suunto Vector, se tomó la dirección de la pendiente principal.
- **Profundidad del suelo:** con ayuda de un profundímetro (varilla de metal graduada), se midió la profundidad de suelo, tomando medidas de diferentes puntos de la parcela. Posteriormente, se hizo un promedio de las diferentes medidas obtenidas.

Se llevó a cabo un censo en el cual se anotó la lista completa de especies presentes en la levantamiento, anotando para cada una un valor estimado de cobertura. Así también, se registró

la cobertura por estrato (arbóreo, arbustivo, herbáceo, rasante, epífitas), la vegetación total, superficie desnuda y hojarasca presente en dicho levantamiento.

V.2 Análisis de suelo

Se realizaron análisis complementarios de suelo. Se tomaron muestras de diferentes puntos de la parcela para obtener una muestra representativa. La muestra de suelo fue superficial de aproximadamente 10 g.

Se determinó el pH en agua de estas muestras bajo la asesoría del personal del laboratorio de Edafología de la Facultad de Ciencias, UNAM.

El tipo de suelo de cada comunidad vegetal, se obtuvo con base en el mapa edafológico para el Distrito Federal (CORENA, 1999), escala 1:250,000.

V.3 Determinación de especies

Algunas de las especies se reconocieron en campo, las no determinadas en campo, se colectaron de dos a tres muestras por especie, se etiquetaron y prensaron.

Posteriormente se realizó el trabajo de determinación en el laboratorio con base en la guía florística de Rzedowski y de Rzedowski (2001). Se requirió de la ayuda de especialistas principalmente para la determinación de compuestas. Fue necesaria la corroboración de algunos de los ejemplares determinados, con ejemplares del Herbario de la Facultad de Ciencias. El material colectado se depositó en el Laboratorio de Biogeografía, del departamento de Ecología y Recursos Naturales, Facultad de Ciencias, UNAM.

V.4 Análisis de la Información: definición y descripción de comunidades y asociaciones

Para el análisis de la información, se analizaron un total de 87 levantamientos fitosociológicos, los cuales fueron acomodados en una tabla de datos en el software EXCEL. Para ello, se agruparon los 59 levantamientos obtenidos para el presente trabajo, con los 28 levantamientos fitosociológicos ya existentes (Ávila 2002), con clave “cuema”.

Para la elaboración de la tabla fitosociológica, se integraron por orden de levantamiento cada uno de los muestreos con su respectiva información de campo: en el margen superior de la tabla, se colocaron los datos físicos generales, en tanto que el nombre de las especies registradas, se anotó en el margen izquierdo anotando su valor de cobertura a la derecha, generando así una matriz. Las especies raras que únicamente se encontraron en un levantamiento, se enlistaron en la parte final de la tabla colocando en paréntesis su valor de cobertura, clave y número de muestreo.

La definición de las comunidades y asociaciones se realizó a partir de la ordenación de cada especie vegetal, en función de la presencia y porcentaje de cobertura.

Finalmente, para corroborar las comunidades obtenidas, se hizo un análisis de clasificación jerárquica y aglomerativa usando el programa PC-Ord 4 (Mc Cune and Mefford, 1999). Este tipo de técnicas también llamadas de agrupación o aglomeración (cluster analysis), incluyen los mecanismos necesarios para la formación de grupos (conglomerados) a partir de un conjunto determinado de entidades o atributos. Se basan en el criterio del grado de similitud que presentan entre sí las entidades a comparar, por lo que “una buena clasificación” deberá considerar y dar mayor importancia tanto a factores como la homogeneidad interna (similitud) de los grupos, como a la separación clara de los mismos (García, 1982).

A partir del análisis y comparación de ambas tablas resultantes, se generó una tabla final que se obtuvo combinando el resultado del análisis de cluster, con la tabla que resultó a partir del acomodo manual.

Por otro lado, se generó una tabla sintética a partir de la tabla fitosociológica, en donde se resalta la frecuencia de las especies y sus valores máximos y mínimos de cobertura. La frecuencia se calculó considerando el número total de levantamientos por comunidad vegetal e igualando al 100 %. Se contó el número total de levantamientos en los que aparecía una especie y se sacó el valor porcentual correspondiente. Las clases de frecuencia según el valor porcentual, se señalan en la tabla 1.

Tabla 1. Clases de frecuencias según el valor porcentual de presencia de especies.

Valor Porcentual %	Valor de Frecuencia
0 - 20	I
21 - 40	II
41 - 60	III
61 - 80	IV
81 - 100	V

Se realizó una tabla general de datos (Anexo 1) en donde se agruparon por comunidades, los levantamientos anotando a la derecha, el tipo de suelo, profundidad, pH, % de vegetación etc. Esto tuvo la finalidad de obtener por comunidad y asociación vegetal, un promedio para los datos de profundidad y porcentajes de vegetación y suelo desnudo, así como intervalos de valores mínimos y máximos para pH, y con ello integrar la información por comunidad y asociación.

V.5 Elaboración de mapa de vegetación

Para la elaboración del mapa de vegetación, se ubicaron las tres principales comunidades vegetales de la cuenca indicando con puntos sus diferentes asociaciones. Los límites de las comunidades se tomaron a partir del mapa de vegetación de Ávila 2002.

V.6 Fitodiversidad

Una vez obtenido el listado florístico, se hizo un análisis de diversidad alfa. Se hizo un conteo del total de familias, géneros y especies, sacando porcentajes sobre el total registrado. Se resaltaron las familias más importantes en cuanto al número de especies registradas y los géneros más frecuentes por abundancia y frecuencia. Se realizaron gráficas pertinentes.

Para corroborar la fidelidad del muestreo, se aplicó el cociente especies/géneros que Rzedowski (1991 a) propone para el continente americano.

A partir de una búsqueda bibliográfica se asignó la forma de crecimiento para cada especie y su afinidad geográfica a nivel de género para la mayoría de los casos. Finalmente, se generó un listado florístico de las especies registradas para este trabajo, en donde se indican aquellas

especies de importancia por su condición de endémicas o bien por considerarse como indicadoras de perturbación, arvenses o ruderales.

V.7 Análisis altitudinal

Para este análisis, sólo se consideraron las especies de mayor importancia en cuanto frecuencia y cobertura por comunidad vegetal y se integraron algunas de las especies que acompañan todo el gradiente altitudinal.

Se obtuvo una gráfica de altitudes, así como también, se elaboró un perfil de vegetación por especies y por asociaciones vegetales. Para la elaboración de este perfil, se tomó en cuenta el relieve real de la cuenca..

VI. Resultados

Se definieron para el área de estudio principalmente tres grandes comunidades: Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y Bosque Mixto y *Quercus* (tabla 2).

El análisis de cluster (figura 3), separa a la comunidad de *Pinus hartwegii* formando un complejo aislado del resto de las comunidades de la cuenca. Por otro lado, la comunidad de *Abies religiosa* y todo el complejo de Bosque mixto y de *Quercus* no presenta una clara separación generando una mezcla de especies. Esto último, se puede apreciar en la tabla fitosociológica (tabla 3), en donde a su vez, se indican las especies diagnósticas para cada comunidad con su respectivo valor de cobertura.

A continuación, en la tabla 2 se presenta de manera esquemática las tres comunidades definidas para el área de estudio con sus respectivas asociaciones y subasociaciones.

Tabla 2. Comunidades y asociaciones en la cuenca alta del río Magdalena, D.F.

Comunidad	Asociación	Sub-asociación
<i>Pinus hartwegii</i> (3420-3800) m snm	<i>Calamagrostis toluensis</i> - <i>P. hartwegii</i>	
	<i>Muhlenbergia quadridentata</i> - <i>P. hartwegii</i>	* <i>Trisetum altijugum</i> - <i>Muhlenbergia quadridentata</i> * <i>Festuca toluensis</i> - <i>Muhlenbergia quadridentata</i>
<i>Abies religiosa</i> (2750-3500) msnm	<i>Acaena elongata</i> - <i>A. religiosa</i>	* <i>Salvia elegans</i> - <i>Acaena elongata</i>
	<i>Senecio angulifolius</i> - <i>A. religiosa</i>	
Bosque Mixto y <i>Quercus</i> (2620-3370) m snm	<i>Senecio cinerarioides</i> - <i>Abies religiosa</i>	
	<i>Abies religiosa</i> - <i>Quercus laurina</i>	
	<i>Pinus patula</i> - <i>Cupressus lusitanica</i> - <i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>zorullensis</i>	* <i>Pinus patula</i> - <i>Verbesina oncophora</i> * <i>Abies religiosa</i> - <i>Eupatorium pazcuarensis</i> * <i>Eupatorium petiolare</i> - <i>Cupressus lusitanica</i>
	<i>Quercus laurina</i> - <i>Quercus rugosa</i>	

VI.1 Descripción de comunidades

Comunidad de *Pinus hartwegii*

Tabla 3; Figura 3

Fisonomía: Esta es una comunidad abierta caracterizada por la dominancia del estrato arbóreo monoespecífico, representado por *Pinus hartwegii*, y el herbáceo dominado por gramíneas dentro de las que destacan: *Calamagrostis tolucensis* y *Muhlenbergia quadridentata*. Presenta en promedio el 65% de cobertura vegetal, en tanto que el 35% restante, lo ocupa el suelo desnudo.

Composición: Otras especies características para esta comunidad dentro del estrato herbáceo pero con menores coberturas, son: *Cirsium jorullense ssp. jorullense*, *Eryngium carlinae* y *Penstemon campanulatus*, por mencionar algunas. Para el estrato arbustivo se encuentra *Vaccinium caespitosum* mientras que para el estrato rasante se presenta principalmente *Alchemilla vulcanica*. En cuanto a las epífitas, estas son muy escasas y están representadas por *Arceuthobium vaginatum*, parásita de *Pinus hartwegii*.

Características ambientales: Se desarrolla entre los 3420 a los 3800 m snm. El tipo de suelo es variado dominado por Andosol húmico, aunque en algunas zonas existe la mezcla con Andosol ócrico, Feozem háplico y Litosol. Son suelos poco profundos con una profundidad promedio de 26 cm y un pH ácido de 5. Se ubica sobre pendientes poco pronunciadas de 5 % de inclinación hasta muy pronunciadas de 55 %.

Asociación: *Muhlenbergia quadridentata*–*Pinus hartwegii*

Tabla 3. Lev. Tipo C33 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta es una asociación de *Pinus hartwegii* caracterizada por la presencia de *Muhlenbergia quadridentata* con coberturas que varían del 5 al 60%. El estrato arbóreo es abierto con coberturas no mayores al 45%, mientras que el estrato herbáceo es más cerrado con coberturas de hasta un 90%. La cobertura para el estrato rasante es bajo (<1 a 20%), siendo el estrato arbustivo el menos representativo. El porcentaje de vegetación es variado cubriendo un promedio del 62% en tanto que el 38% restante es suelo desnudo.

Composición: Otras especies que caracterizan esta asociación con menores coberturas son: *Calamagrostis tolucensis*, *Luzula racemosa*, *Tauschia alpina* y *Viola hookeriana* para el estrato herbáceo y *Oxylobus arbutifolius* para el estrato arbustivo. Cabe destacar la presencia de *Festuca tolucensis* (70%) y *Trisetum altijugum* (50%), como especies que podrían representar una subasociación dentro de esta.

Características ambientales: Se ubica entre los 3500 a los 3800 m snm. El tipo de suelo predominante es Andosol húmico presentándose para algunas zonas la mezcla de Andosol ócrico con Feozem háplico. Presenta una profundidad promedio de 21.5 cm teniendo como mínimo 11 cm y máximo 25 cm. La pendiente es variada siendo la mínima de 5% de inclinación y la máxima de 55%.

Asociación: *Calamagrostis tolucensis*–*Pinus hartwegii*

Tabla 3. Lev. Tipo C46 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta es una asociación caracterizada por la dominancia en el estrato herbáceo representado por *Calamagrostis tolucensis* con coberturas que varían de un 2 hasta un 70%. En su conjunto, este estrato llega a presentar zonas con porcentajes que alcanzan el 90 y 100% de cobertura máxima y una cobertura mínima de 5%.

Las coberturas para el estrato arbóreo varían del 10 al 70% mientras que para el rasante son en general bajas con excepción de algunas zonas que presentan coberturas de 40 y 70%. El estrato arbustivo no es representativo.

El porcentaje de cobertura de la vegetación es variada; en algunas zonas llega a cubrir el 100% mientras que en otras ocupa sólo el 15%. En promedio cubre el 66%, en tanto que el suelo desnudo cubre hasta un 34%.

Composición: Otras especies que comparten el estrato herbáceo en menor cobertura son: *Arenaria lycopodioides*, *Commelina orchioides*, *Draba nivicola*, *Erigeron galeotii*, *Muhlenbergia quadridentata*, *Physalis pringlei* var. *pringlei*, *Ranunculus donianus*, *Stevia icognita*, *Taraxacum officinale* y *Trisetum spicatum*. Para esta asociación, se presenta en muy baja proporción la epífita *Arceuthobium vaginatum*.

Características ambientales: Se ubica entre un intervalo altitudinal de 3420 a 3660 m snm. El tipo de suelo es básicamente Andosol húmico aunque en algunas zonas se presenta la mezcla con Andosol ócrico. Tiene una profundidad del suelo que varía de poco profundo (7 cm) a profundo (50 cm) siendo en promedio 27.4 cm. El pH es ácido variando de 3.3 a 4.7 siendo en promedio 4.3. Se ubica sobre pendientes que varían de poco pronunciadas (5% de inclinación) a medianamente pronunciadas (45% de inclinación).

Comunidad de *Abies religiosa*

Tabla 3; Figura 3

Fisonomía: Esta es una comunidad densa representada principalmente por los estratos arbóreo y arbustivo, siendo las especies diagnósticas *Abies religiosa* y *Senecio angulifolius*. Ambos estratos son densos presentando coberturas que alcanzan el 100%. El porcentaje de vegetación es alto alcanzando para algunas zonas el 100% de cobertura y un promedio del 91%. La presencia de suelo desnudo es baja (promedio: 8%).

Composición: En cuanto a las especies representantes para este tipo de comunidad pero con coberturas menores a las diagnósticas se encuentran: *Acaena elongata*, *Cestrum trysoideum*, *Fuchsia microphylla* var. *microphylla* y *Senecio barba-johannis* para el estrato arbustivo y *Salvia elegans* para el estrato herbáceo.

Características ambientales: Se desarrolla entre los 2750 a los 3500 m snm. El tipo de suelo es básicamente Andosol húmico con una profundidad promedio de 38 cm y un pH ácido de 4.9. Esta comunidad se desarrolla sobre pendientes más pronunciadas que la de *Pinus hartwegii*, encontrando como máxima 65 % de inclinación. Cabe destacar que a pesar de mostrar preferencia por este tipo de relieve, se encuentran también desarrollándose sobre superficies casi planas de 2 % de inclinación.

Asociación: *Senecio angulifolius* – *Abies religiosa*

Tabla 3. Lev. Tipo. C57 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta es una asociación dominada por la presencia de *Senecio angulifolius* que presenta coberturas máximas de 30% y mínimas de <1%. En su conjunto, el estrato arbustivo cubre el 80% de cobertura máxima y el 1% de cobertura mínima. El estrato arbóreo es cerrado con coberturas que llegan al 100% y mínimas del 35%. El herbáceo cubre solamente el 40% de cobertura máxima y <1% de cobertura mínima seguido del rasante que sólo cubre el 30%. La vegetación cubre en promedio el 91% de cobertura y el suelo desnudo el 9.6% restante.

Composición: El estrato arbóreo bajo lo comparten *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*, *Pinus pseudostrabus* y *Salix paradoxa*. Otras especies para el estrato arbustivo con menor cobertura se encuentra: *Eupatorium mairetianum*. Para el estrato herbáceo se encuentran *Fragaria mexicana*, *Osmorhiza mexicana*, *Senecio callosus*, *Stellaria cuspidata*, *Prunella vulgaris* y *Valeriana clematidis*.

Características ambientales: Se ubica en el intervalo altitudinal de 2750–3500 m snm. El tipo de suelo es Andosol húmico predominantemente, aunque se presenta para algunas zonas con la mezcla de Litosol. La profundidad del suelo tiene un promedio de 41 cm con un máximo de 50 cm y un mínimo de 15 cm. Se desarrolla sobre pendientes muy pronunciadas de 65% de inclinación a casi planas de 5% de inclinación.

Asociación: *Acaena elongata* – *Abies religiosa*
Tabla 3. Lev. Tipo C52 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Además del estrato arbóreo (*Abies religiosa*), esta asociación presenta una dominancia en el estrato arbustivo con coberturas máximas del 100% y mínimas del 30%, siendo su principal representante *Acaena elongata* que cubre hasta el 60% de cobertura. El estrato arbóreo es cerrado, encontrando como máxima cobertura el 90% y un mínimo del 40%, seguido del herbáceo con 60% de cobertura máxima y 50% para el estrato rasante. El porcentaje de vegetación es alto (95%), por lo que la presencia de suelo desnudo es mínima de tan sólo el 5%.

Composición: Además de compartir un estrato arbóreo inferior con *Pinus leiophylla*, se encuentran en menor proporción para el estrato herbáceo a *Festuca amplissima*, *Physalis coztomatl* y *Trisetum kochianum*. Cabe destacar la presencia de *Salvia elegans*, como una

subasociación dentro de *Acaena elongata-Abies religiosa*, dada la frecuencia con la que aparece y sus porcentajes de cobertura que llegan hasta un 10%.

Características ambientales: Se ubica entre los 2850 y los 3500 m snm, sobre suelos de tipo Andosol húmico. Presenta una profundidad promedio de 29.1 cm (max: 50cm ; min: 10 cm) y un pH ácido que varía de los 4.7 a los 5.5 siendo en promedio 5. Se ubica sobre pendientes pronunciadas de 65% de inclinación a casi planas de 2% de inclinación.

Especies acompañantes: Entre las especies acompañantes de las comunidades de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, se encuentran: para el estrato arbustivo: *Ageratum corymbosum* y para el rasante, *Arenaria bourgaei*. El herbáceo es más abundante representado por *Brachypodium mexicanum*, *Cerastium nutans*, *Helenium scorzonerifolium*, *Potentilla candicans*, *P. rubra* y *Senecio roseus*, por mencionar algunas.

Comunidad de Bosque Mixto y de *Quercus*

Tabla 3; Figura 3

Fisonomía: Esta es una comunidad caracterizada por la mezcla de diferentes especies arbóreas, motivo por el cual este estrato es el que domina sobre el área presentando coberturas de hasta 100%. Dentro de las especies representativas se encuentran: *Abies religiosa*, *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Arbutus xalapensis*, *Alnus jorullensis ssp. jorullensis*, *Pinus patula* y *Cupressus lusitanica*. En menor proporción, se encuentra el estrato arbustivo con coberturas no mayores al 60% teniendo como representantes a: *Senecio angulifolius* y *S. barba-johannis*. La vegetación cubre en promedio el 80%, en tanto que la presencia de suelo desnudo es del 15%.

Composición: Otras especies que comparten con menores coberturas el dosel, son: *Clethra mexicana*, *Furcraea bedinghausii*, *Meliosma dentata*, *Prunus serotina var. capulli*, *Pinus pseudostrobus*, *Quercus crassipes* y *Q. obtusata*. El estrato arbustivo se encuentra representado también por: *Cestrum thrysoideum*, *Eupatorium petiolare* y *Verbesina oncophora*. Dentro del estrato herbáceo se encuentran: *Adiantum andicola*, *Castilleja arvensis*, *C. tenuiflora*, *Conopholis*

alpina, *Duchesnea indica*, *Eryngium proteiflorum*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Muhlenbergia macroura*, *Rubus pumilus* y *Salvia polystachia*.

Características ambientales: La comunidad de Bosque Mixto, se encuentra entre los 2620 a los 3370 m snm. El tipo de suelo está dominado por la mezcla de Andosol húmico– Litosol, con una profundidad promedio de 29 cm y un pH ácido de 5.45. Se presenta sobre pendientes muy pronunciadas de hasta 80% de inclinación.

Asociación: *Abies religiosa*–*Senecio cinerarioides*

Tabla 3 Lev. Tipo C56 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta asociación está caracterizada por la dominancia de *Senecio cinerarioides* y *Abies religiosa* con coberturas que varían de 10 a 40% para *Senecio* y <1 a 20% para *Abies*. En su totalidad, el estrato arbóreo presenta una cobertura máxima de 50% y una mínima del 2%, en tanto que el arbustivo cubre el 50% de cobertura siendo el mínimo de 25%. Le sigue en importancia el estrato herbáceo que cubre del 3 al 15%, siendo el de menor importancia el rasante con una cobertura máxima de 20% y una mínima de 3%.

Estas coberturas permiten ver que esta es una asociación dominada por el estrato arbustivo. Alcanza en promedio un porcentaje de vegetación del 68% (max 100%; min 50%) y 33% de cobertura en suelo desnudo (max 40%).

Composición: En esta asociación se encuentra a *Salix paradoxa* como componente del dosel en tanto que para el estrato arbustivo se presenta *Acaena elongata* y *Senecio barba-johannis*, principalmente. Para el herbáceo se encuentran: *Castilleja arvensis*, *Senecio toluccanus*, *Festuca amplissima* y *Fragaria mexicana*, mientras que para el rasante, se encuentra *Geranium seemannii*.

Características ambientales: Se localiza entre los 3130 y los 3370 m snm. El tipo de suelo es básicamente Andosol húmico, con una profundidad promedio de 34 cm siendo la máxima de 50 cm y la mínima de 20 cm, y un pH que varía de 4.5 a 5.4 teniendo en promedio 5.0 de acidez. La pendiente es abrupta con una máxima del 60% y un mínimo del 40% de inclinación.

Asociación: *Quercus laurina*-*Abies religiosa*

Tabla 3. Lev. Tipo cu7 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta asociación está caracterizada por la dominancia en el componente arbóreo. Las coberturas para *Quercus laurina* varían de 10–30% en tanto que *Abies religiosa* presenta coberturas de hasta 40%. En su totalidad, el estrato arbóreo presenta hasta un 90% de cobertura, seguido del arbustivo que varía de 10 a 40%. El estrato herbáceo, llega a presentar coberturas del 30 % siendo el rasante poco significativo con coberturas no mayores al 5%.

Estas coberturas permiten ver que es una asociación cerrada alcanzando un promedio en porcentaje de vegetación del 90% y 10% de cobertura en suelo desnudo.

Composición: Entre otras especies que comparten en menor cobertura el dosel se encuentran: *Arbutus xalapensis*, *Prunus serotina* var. *capuli*, *Quercus crassipes* y *Q. obtusata*. Para el estrato arbustivo destacan *Fuchsia thymifolia* ssp. *thymifolia* y *Solanum cervantesii*, en tanto que para el herbáceo se encuentra *Salvia polystachia*.

Características ambientales: Se localiza entre los 2800 a los 2990 m snm. El tipo de suelo es básicamente la mezcla de Andosol húmico–Litosol, con una profundidad promedio de 42 cm siendo la máxima de 50 cm y la mínima de 30 cm. El pH varía de los 5.2 a 5.4 con un promedio de 5.3 de acidez. La pendiente es abrupta con un máximo de 75 % y un mínimo de 40 % de inclinación.

Asociación: *Quercus laurina*–*Quercus rugosa*

Tabla 3. Lev. Tipo cu2 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Asociación determinada por la presencia de *Quercus laurina* y *Q. rugosa* con coberturas máximas y mínimas de 50 y 5%; 90 y 20% respectivamente, presenta en conjunto un estrato arbóreo cerrado con coberturas que varían desde un 70% hasta un máximo del 100%. Los estratos arbustivo y herbáceo, presentan coberturas similares no mayores al 10% en tanto que el

rasante no es representativo ya que no excede el 2% de cobertura. El promedio de vegetación en porcentaje es del 80% mientras que para el suelo desnudo es del 20%.

Composición: Se comparte un estrato arbóreo inferior con *Clethra mexicana* y *Meliosma dentata*. Para el estrato herbáceo se encuentran: *Adiantum andicola*, *Conopholis alpina* y *Duchesnea indica*, siendo *Fuchsia microphylla* ssp. *microphylla* la principal representante para el arbustivo.

Características ambientales: Se ubica entre las cotas altitudinales 2620 a 2900 m snm. El tipo de suelo es Andosol húmico–Litosol con una profundidad promedio de 29 cm (max: 40; min:15). El pH varía de 5.4 a 6.1, con un promedio de 5.7. La pendiente es abrupta con un máximo de inclinación de 70% y un mínimo del 30%.

Asociación: *Pinus patula* – *Cupressus lusitanica* – *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis*
Tabla 3. Lev. Tipo cu28 Figuras 4 y 5

Fisonomía: Esta es una asociación semicerrada caracterizada por la presencia de *Pinus patula* con coberturas de hasta el 50%; *Cupressus lusitanica* con coberturas de hasta 80% y *Alnus jorullensis* ssp. *jorullensis* con una cobertura máxima del 50%. Se presentan en conjunto para el estrato arbóreo coberturas máximas del 100% y mínimas del 40%, seguido del herbáceo que llega a cubrir el 90% de cobertura y un mínimo de 3%. El estrato arbustivo es menor alcanzando hasta el 60% de cobertura en tanto que el rasante no es representativo con coberturas no mayores al 10%. El porcentaje de vegetación es alto (90%) y la presencia de suelo desnudo baja, ocupando sólo el 11%.

Composición: Se comparte un estrato arbóreo inferior con *Furcraea bedinghausii* y *Pinus pseudostrabus*. El estrato herbáceo está representado por: *Castilleja tenuiflora*, *Eringium proteiflorum*, *Eupatorium pazcuarensis*, *Fragaria mexicana*, *Muhlenbergia macroura*, *Physalis coztomatl* y *Salvia elegans*. Se encuentra a *Cestrum thrysoideum*, *Eupatorium petiolare* y *Verbesina oncophora* dentro del estrato arbustivo.

Características ambientales: Se localiza entre los 2820 y los 3200 m snm. El tipo de suelo es básicamente Andosol húmico de 10 a 45 cm de profundidad teniendo en promedio 22 cm. El pH no es muy variado; presenta como mínimo 5.5 y como máximo 5.6 en tanto que el promedio es de 5.5. La pendiente es pronunciada presentando un intervalo de 10 a 75% de inclinación.

La presencia de *Verbesina oncophora* con coberturas del 10%, sugiere una posible subasociación de esta especie dentro de *Pinus patula-Cupressus lusitanica-Alnus jorullensis ssp. jorulensis*. De la misma forma, *Abies religiosa* y *Eupatorium pazcuarensis* se asocian observándose coberturas para ambas de hasta 40%. Finalmente, existe otra probable subasociación entre *Eupatorium petiolare* (40%) y *Cupressus lusitanica* (50%).

Especies acompañantes: De las especies que se encuentran acompañando a la comunidad de *Abies religiosa* y al Bosque mixto se encuentra: para el estrato arbóreo: *Ceanothus coeruleus*, *Fraxinus uhdei*, *Salix paradoxa*, *Sambucus nigra* var. *canadensis*; para el arbustivo: *Comarostaphylis discolor* ssp. *discolor*, *Fuchsia thymifolia* ssp. *thymifolia*, *Monnina ciliolata*, *Solanum cervantesii*, *Trisetum virletti*, *Buddleia cordata*; para el estrato herbáceo: *Asplenium monanthes*, *Cheilanthes farinosa*, *Dryopteris parallelograma*, *Monotropa uniflora*, *Phytolacca icosandra*, *Salvia mexicana* var. *minor* y *Senecio sanguisorbae*, por mencionar algunas.

Especies acompañantes para las tres comunidades: De las especies que se encuentran en todo el gradiente altitudinal acompañando a las tres comunidades, están para el estrato rasante: *Alchemilla procumbens*, *Geranium seemanii*, *Oxalis alpina*, *O. corniculata*, *Sibthorpia repens* y *Thuidium delicatulum*; para el arbustivo: *Eupatorium glabratum*, *Baccharis conferta*, *Ribes ciliatum* y *Senecio cinerarioides*; para el estrato herbáceo: *Cinna poiformis*, *Geranium potentillifolium*, *Gnaphalium oxyphyllum* var. *natalie*, *G. liebmanii* var. *monticola*, *Lupinus glabratus*, *Penstemon gentianoides*, *Phacelia platycarpa* y *Plantago major*, por mencionar sólo algunas.

De las especies raras se encuentran entre otras a: *Agrostis tolucensis*, *Cerastium tolucense*, *Eupatorium shaffneri*, *Lupinus montanus* y *Oenothera purpusii*.

El mapa de vegetación (figura 4), muestra dos niveles. El primer nivel (basado en el mapa de vegetación de Ávila (2002)), señala con polígonos, las tres comunidades principales para la cuenca: Bosque de *Pinus hartwegii*, Bosque de *Abies religiosa* y Bosque mixto y *Quercus*. Tomando como referencia las comunidades, se ubican con puntos las diferentes asociaciones vegetales descritas en este trabajo. Finalmente se puede observar la distribución espacial de estas dentro de la cuenca.

Por otro lado, el perfil de asociaciones vegetales (figura 5), muestra la distribución altitudinal de las asociaciones definidas en este trabajo, tomando en cuenta el relieve real de la cuenca.

VI.2 Fitodiversidad

Para la cuenca alta del río Magdalena, se registraron un total de 57 familias con 120 géneros y 194 especies. Las familias más importantes en cuanto al número de especies son: Compositae 23%, Gramineae 7.5%, Caryophyllaceae 6.4%, Labiatae 5.9% y Rosaceae 5.9%, mientras que las que presentaron mayor número de géneros son: Compositae 17.5%, Rosaceae 6.6%, Graminae 5.8%, Umbelliferae 5%, Caryophyllaceae 3.3% y Ericaceae 3.3%. Los géneros con mayor número de especies son Eupatorium (9), Salvia (8), Senecio (7) y Pinus (5). En la tabla 5 y figura 5, se señalan las principales familias de plantas vasculares según el número y porcentaje de géneros y especies.

Tabla 5.- Principales familias según el número y porcentaje de géneros y especies para la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Familias	No. de géneros	% del total	No. de especies	% del total
Compositae	21	17.50	44	22.68
Gramineae	7	5.83	14	7.22
Caryophyllaceae	4	3.33	12	6.19
Labiatae	3	2.50	12	6.19
Rosaceae	8	6.67	11	5.67
Scrophulariaceae	3	2.50	6	3.09
Solanaceae	3	2.50	6	3.09
Pinaceae	2	1.67	6	3.09
Umbelliferae	6	5.00	7	3.61
Onagraceae	2	1.67	4	2.06
Ericaceae	4	3.33	4	2.06
Fagaceae	1	0.83	4	2.06
Caprifoliaceae	3	2.50	3	1.55
Cruciferae	2	1.67	3	1.55
Dryopteridaceae	3	2.50	3	1.55
Geraniaceae	2	1.67	3	1.55
Leguminosae	1	0.83	3	1.55

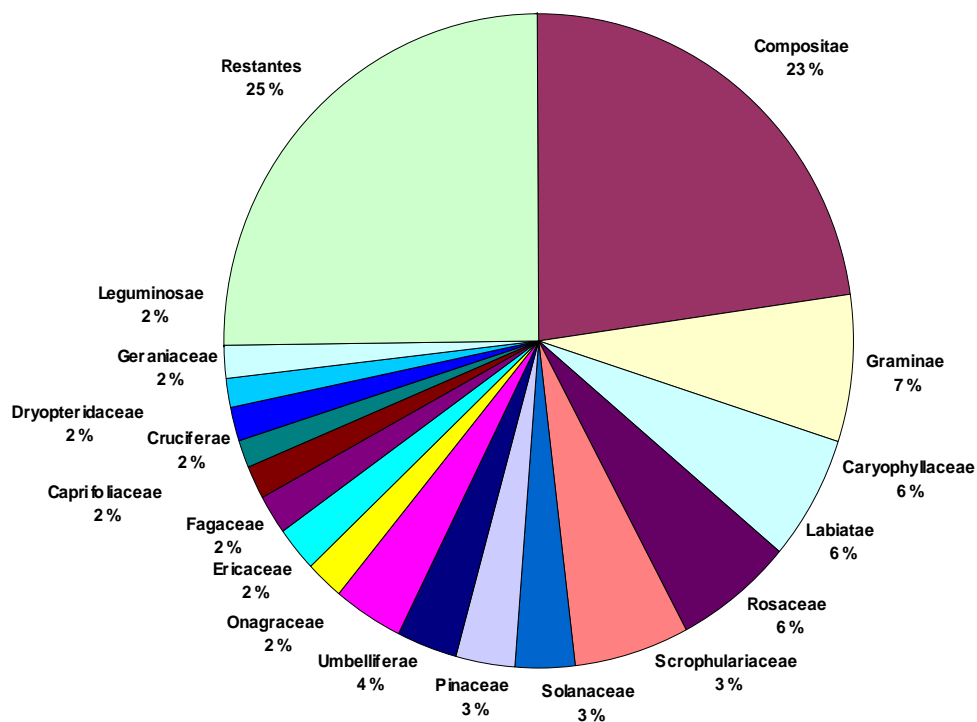


Figura 5. Principales familias en porcentaje de especies registradas en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Para la zona de estudio, se encontró que las formas herbáceas son las más abundantes (121 especies) seguido del arbustivo (29), el arbóreo (25), el rasante (9), las trepadoras (2) y las epífitas(1) (Ver Figura 6).

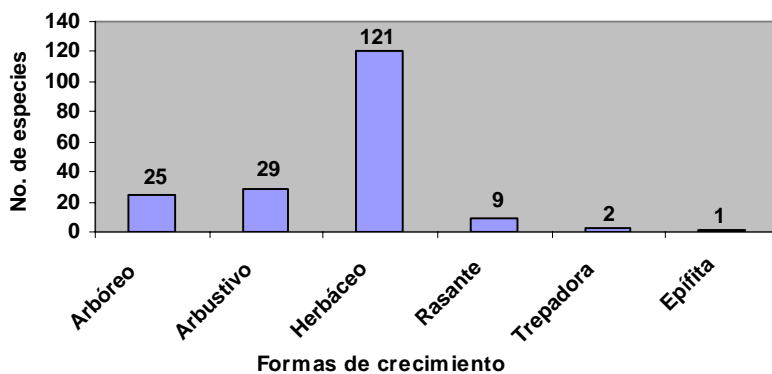


Figura 6. Distribución de las especies, por formas de crecimiento, en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

En cuanto a la forma de crecimiento, las familias más numerosas en la zona de estudio son: en hierbas: Compositae con 28 especies, Gramineae con 14, Labiatae con 9, Rosaceae y Scrophulariaceae con 5. Para los arbustos, Compositae con 14 especies, Ericaceae, Labiatae, y Onagraceae con 2 especies; en el arbóreo, Pinaceae con 6, Fagaceae con 4 y Caprifoliaceae y Rosaceae con 2 especies.

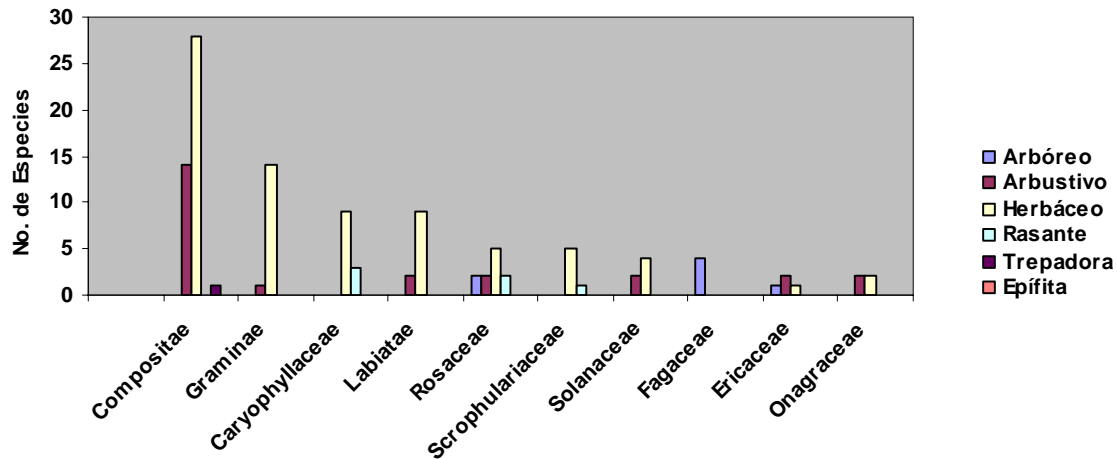


Figura 7. Familias más numerosas en cuanto a formas de crecimiento en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Por comunidad vegetal, se registraron en orden decreciente, un total de 40 familias, 81 géneros y 116 especies para la comunidad de *Abies religiosa*; 44 familias, 78 géneros y 113 especies para el Bosque Mixto y *Quercus* y 32 familias con 64 géneros y 97 especies para la comunidad *Pinus hartwegii*.

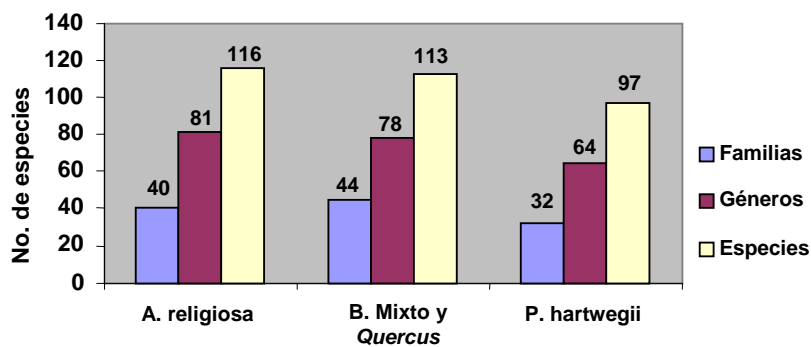


Figura 8. Diversidad de familias, géneros y especies por comunidad vegetal en la CARM.

Por el número de especies, la familia Compositae es la que domina en cada comunidad vegetal, seguida de las Gramíneas (Tabla 6 y Figura 9). Los datos en la Tabla 6, muestran los diferentes valores de las familias más importantes en cuanto al número de especies que presentan por comunidad vegetal.

Tabla 6. Dominancia de familias de acuerdo al número de especies por comunidad vegetal en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Familias	<i>Pinus hartwegii</i>		<i>Abies religiosa</i>		Bosque Mixto y <i>Quercus</i>	
	No. de especies	% del total	No. de especies	% del total	No. de especies	% del total
Compositae	26	26.80	27	23.28	19	16.81
Graminae	9	9.28	9	7.76	7	6.19
Caryophyllaceae	9	9.28	4	3.45	4	3.54
Labiatae	3	3.09	9	7.76	9	7.96
Rosaceae	5	5.15	6	5.17	8	7.08
Pinaceae	3	3.09	4	3.45	5	4.42
Scrophulariaceae	3	3.09	4	3.45	5	4.42
Solanaceae	3	3.09	5	4.31	3	2.65
Umbelliferae	4	4.12	4	3.45	2	1.77
Leguminosae	3	3.09	1	0.86	2	1.77
Geraniaceae	2	2.06	3	2.59	2	1.77

La figura 9 muestra de manera esquemática el papel que representa cada familia por comunidad vegetal. Cabe destacar la dominancia de la familia Compositae.

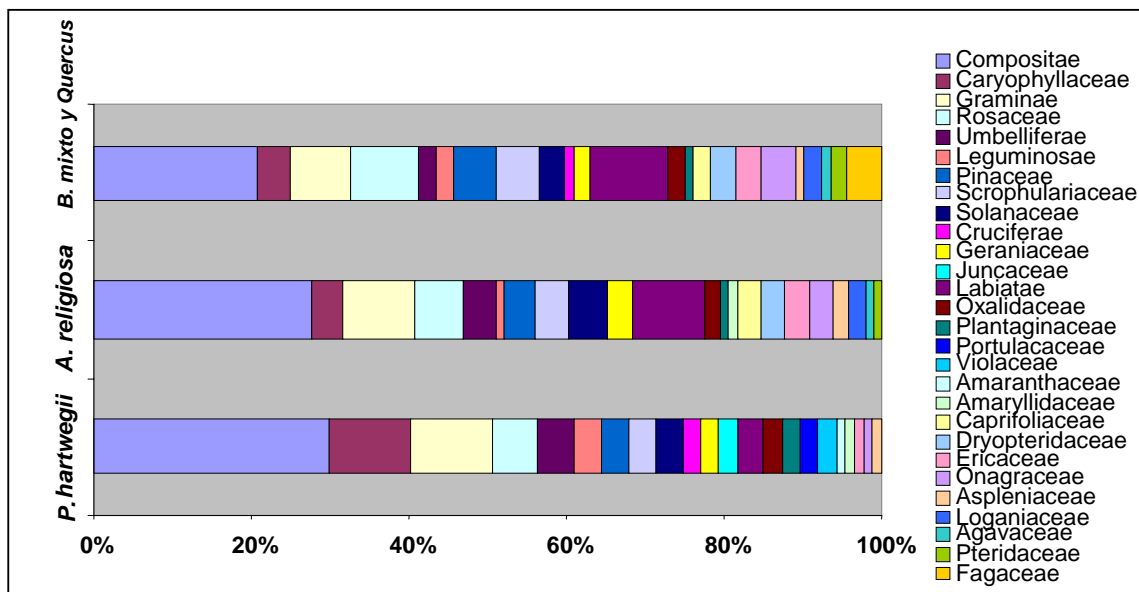


Figura 9. Porcentaje del total de especies por familia por comunidad vegetal en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

En cuanto a las formas de crecimiento, se registró que el estrato dominante para *Pinus hartwegii* es el herbáceo (36%), mientras que para *Abies religiosa* y Bosque mixto y *Quercus* el arbóreo (66 y 69%), es el que juega el papel dominante en cuanto a cobertura se refiere. Ver figura 10.

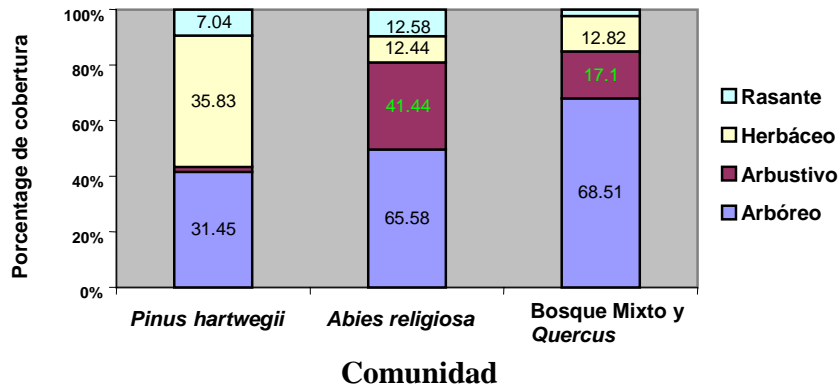


Figura 10. Dominancia por cobertura, de los diferentes estratos por comunidad vegetal en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

En la figura 11 se resumen los géneros más importantes para la cuenca en cuanto a la cobertura que presentan. Destacan: *Abies* (25%), *Quercus* (12%) y *Senecio* (11%). En coberturas menores a estas, pero mayores al 1 % se encuentran *Thuidium*, *Calamagrostis*, *Acaena*, *Alchemilla* y *Eupatorium*. En su conjunto, estos géneros ocupan el 91% del total de la cobertura vegetal presente, dejando tan sólo el 9 % para el resto de los géneros.

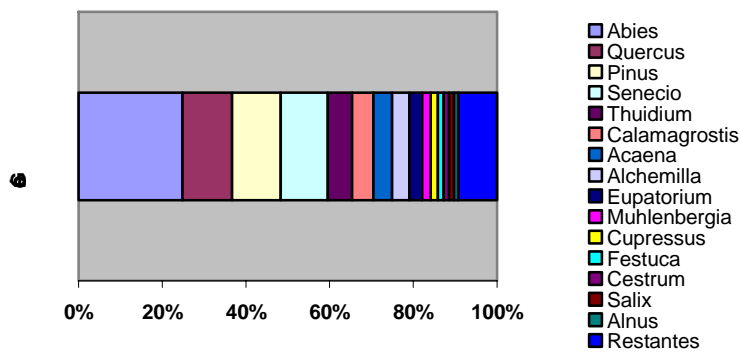


Figura 11. Dominancia de géneros por cobertura en la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

De la lista florística resultante (194 especies), se encontraron 8 especies de importancia biológica por ser taxones considerados como endémicos para México. Entre ellos se encuentran: *Furcraea bedinghausii*, que además presenta la condición de ser vulnerable, *Cerastium orithales*, *Eupatorium lucidum*, *Eupatorium pazcuarense*, *Draba nivicola*, *Lupinus glabratus*, *Oenothera purpusii* y *Potentilla candicans*.

Otras especies por el contrario, se ven favorecidas por condiciones de perturbación por lo que es común encontrarlas en cultivos (arvenses) o bien a orilla de caminos (ruderales). Dentro de estas especies se encuentran: *Acaena elongata*, *Achillea millefolium*, *Cerastium nutans*, *Cerastium vulcanicum*, *Drymaria laxiflora*, *Erigeron galeottii*, *Eupatorium petiolare*, *Geranium seemannii*, *Gnaphalium liebmanii* var. *monticola*, *Gnaphalium oxyphyllum* var. *natalie*, *Sigesbeckia jorullensis*, *Senecio angulifolius* y *Senecio cinerarioides*, por mencionar algunas.

Para la familia de las compuestas se obtuvo un valor de coeficiente e/g de 2.0, en tanto que el coeficiente e/g para toda la flora vascular registrada en ese estudio fue de 1.6, dando una diferencia de 0.4.

A continuación se anexa la lista florística actualizada registrada para la cuenca alta del río Magdalena (Tabla 7). Se incluye para cada taxón su forma de crecimiento y para la mayoría de los casos, su afinidad geográfica. Se muestra también, la condición que presentan las especies por ser ya sea endémicas, vulnerables, raras o bien indicadoras de perturbación.

VI.3 Análisis altitudinal

El análisis altitudinal (figura 13 y 8) revela de manera esquemática la distribución altitudinal de algunas de las especies registradas dentro de la cuenca. Sólo se consideraron aquellas de importancia por cobertura y frecuencia, por lo que en la mayoría de los casos resultaron ser las diagnósticas para cada comunidad vegetal.

Se pueden distinguir tres pisos altitudinales: superior (2400-3800 m snm), intermedio (2750-3500 m snm), inferior (2600-3370 m snm).

En la figura 13, es notorio cómo los puntos van en descenso conforme al tipo de vegetación. Es decir, las especies 1 a 7 corresponden a las diagnósticas para la comunidad de *Pinus hartwegii*, por lo que presentan un intervalo altitudinal bajo. Dentro de estas se encuentran *Pinus hartwegii* (1), *Calamagrostis tolucensis* (2), *Muhlenbergia quadridentata* (3), *Alchemilla vulcanica* (4), *Eryngium carlinae* (6) y *Vaccinium caespitosum* (7).

Las especies diagnósticas para la comunidad de *Abies religiosa* (sp. 8–12), muestran intervalos altitudinales similares, en tanto que las especies diagnósticas para el bosque mixto (sp. 13–20), muestran una distribución restringida. Tal es el caso de *Quercus crassipes* (Figura 13, sp. 16), que presenta para la cuenca una distribución muy restringida ubicada a los 2800 m snm.

A partir de la especie 21, el intervalo altitudinal es muy heterogéneo ya que se trata de especies acompañantes ya sea para todo el gradiente, o bien para una o dos comunidades. Como acompañantes de la comunidad de *Pinus hartwegii* y *Abies religiosa*, se encuentran *Helenium scorzonerifolium* (21) y *Potentilla rubra* (22), mientras que acompañando a la comunidad de *Abies religiosa* y bosque mixto se encuentran *Fuchsia thymifolia* ssp. *thymifolia*, *Salix paradoxa* y *Solanum cervantesii*.

Las especies que resultaron tener un amplio intervalo altitudinal y que por ende acompañan a todo el gradiente altitudinal, fueron *Alchemilla procumbens* (sp.26; 2690-3750 m snm) y *Geranium potentillifolium* (sp.27; 2820-3640 m snm). En la gráfica se observa cómo esta se extiende hacia los límites altitudinales inferiores y superiores.

Las comunidades definidas en este trabajo presentan un intervalo altitudinal definido, sin embargo, eso no significa que como especie se pueda sobrepasar los límites definidos por la comunidad. Tal es el caso de *Abies religiosa* (sp.8) que presenta una amplia distribución (2700-

3560 m snm) y sin embargo, las máximas coberturas encontradas para esta especie se encuentran entre los 2750 y los 3500 m snm (tabla 3), intervalo altitudinal en donde se define la comunidad de *Abies religiosa*. Lo mismo sucede con *Pinus hartwegii*, y otras especies como *Calamagrostis toluensis* y *Penstemon campanulatus*, que exceden los límites definidos por la comunidad generando un ecotono. La figura 14, muestra por especie y sobre un relieve real, la distribución altitudinal de las principales especies.

En ella, se puede observar el límite superior e inferior que ocupa a *Pinus hartwegii* y cómo este puede mezclarse con otras especies como *Abies religiosa*.

Tabla 8. Intervalos altitudinales por especie de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México.

Especie No.	Nombre	Altitud mínima	Altitud máxima
1	<i>Pinus hartwegii</i>	3380	3800
2	<i>Calamagrostis toluensis</i>	3100	3800
3	<i>Muhlenbergia quadridentata</i>	3420	3800
4	<i>Alchemilla vulcanica</i>	3430	3800
5	<i>Penstemon campanulatus</i>	3000	3800
6	<i>Eryngium carlinae</i>	3380	3800
7	<i>Vaccinium caespitosum</i>	3380	3750
8	<i>Abies religiosa</i>	2700	3560
9	<i>Acaena elongata</i>	2800	3650
10	<i>Senecio angulifolius</i>	2720	3540
11	<i>Senecio barbajohannis</i>	2800	3500
12	<i>Cestrum thrysoideum</i>	2690	3450
13	<i>Quercus rugosa</i>	2620	2990
14	<i>Quercus laurina</i>	2620	2990
15	<i>Arbutus xalapensis</i>	2800	3220
16	<i>Quercus crassipes</i>	2800	2800
17	<i>Crupessus lusitanica</i>	2620	3090
18	<i>Pinus patula</i>	2880	3200
19	<i>Alnus jorullensis</i> ssp. <i>zorullensis</i>	2880	3270
20	<i>Eupatorium pazcuarensis</i>	2750	3450
21	<i>Helenium scorzonerifolium</i>	3270	3600
22	<i>Potentilla rubra</i>	3270	3610
23	<i>Fuchsia thymifolia</i> ssp. <i>thymifolia</i>	2720	3500
24	<i>Salix paradoxa</i>	2910	3500
25	<i>Solanum cervantesii</i>	2620	3500
26	<i>Alchemilla procumbens</i>	2620	3750
27	<i>Geranium potentillifolium</i>	2820	3640

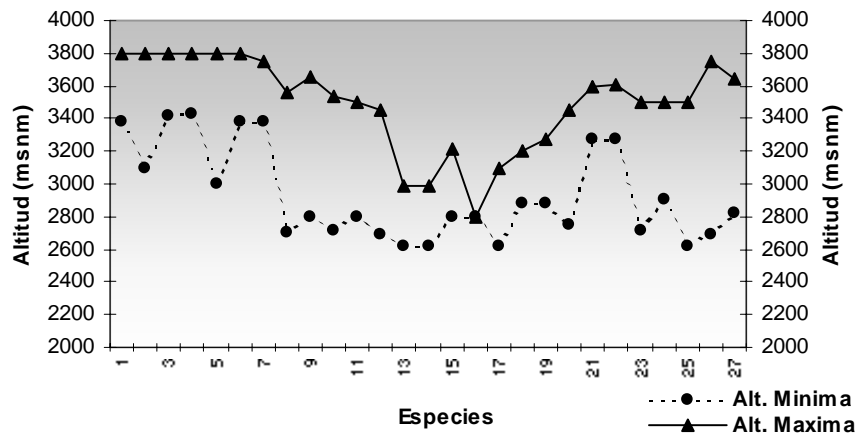


Figura 13. Intervalos altitudinales por especie de la cuenca alta del río Magdalena, D.F., México. (Ver el número de especies en la tabla 8)

7. Discusión

A partir del análisis de 87 levantamientos fue posible reconocer tres comunidades vegetales: *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y Bosque mixto y de *Quercus*, que en conjunto incluyen ocho asociaciones: 1) *Calamagrostis toluensis*-*Pinus hartwegii*; 2) *Muhlenbergia quadridentata*-*Pinus hartwegii*; 3) *Acaena elongata*-*Abies religiosa*; 4) *Senecio angulifolius*-*Abies religiosa*; 5) *Abies religiosa*-*Senecio cinerarioides*; 6) *Quercus laurina*-*Abies religiosa*; 7) *Quercus laurina*-*Quercus rugosa*; 8) *Pinus patula*-*Cupressus lusitánica*-*Alnus jorullensis ssp. jorullensis*.

El bosque de *Pinus hartwegii* se ubica entre los 3420 y los 3800 m snm, con una extensión de 1000 ha aproximadamente. Se caracteriza por tener un suelo poco profundo y muy ácido. Sus asociaciones están dominadas por *Calamagrostis toluensis* y *Muhlenbergia quadridentata*. Es una zona homogénea en cuanto a la cobertura arbórea, sin embargo, existen algunas áreas en donde resalta la cobertura baja de *Pinus hartwegii* coincidiendo con pendientes muy pronunciadas. En cuanto al tipo de suelo, es muy heterogéneo. Sin embargo, la asociación de *Muhlenbergia quadridentata*, presenta mayor uniformidad en el tipo de suelo, siendo en su mayoría la mezcla de Andosol húmico con Andosol ócrico.

Haciendo una comparación con el estudio de Ávila (2002), se observa, para el caso de la comunidad de *Pinus hartwegii*, un aumento en el número especies que lo forma y mejor definición de las asociaciones. En este estudio, la comunidad de *Pinus hartwegii*, se asocia más con *Trisetum altijugum*, en cambio en el presente trabajo, se reconocen dos asociaciones, una con *Calamagrostis toluensis* y otra con *Muhlenbergia quadridentata*. Es en esta última en donde es posible ubicar a *Trisetum altijugum*.

Esta comunidad vegetal, es la menos diversa, con 32 familias, 64 géneros y 97 especies, de las cuales 27 son indicadoras de perturbación. Está definida principalmente por la altitud ocupando el piso altitudinal superior, fenómeno característico para la mayor parte de las altas montañas mexicanas.

El bosque de *Abies religiosa*, ubicado entre los 2750 a los 3500 m snm, registra una cobertura arbustiva medianamente densa, en tanto que las coberturas para los estratos rasante y herbáceo

son bajas. Esto contradice lo que Almeida (1997), reporta como un bosque de *Abies religiosa* típico caracterizado por bajas coberturas en el estrato arbustivo y altas en el rasante por la presencia de musgos.

Para el caso particular de la CARM, se encuentran representando al estrato arbustivo las especies: *Senecio angulifolius* y *Acaena elongata*, ambas registradas como indicadoras de perturbación (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). La presencia de estas dos especies evidencia las actividades humanas que modifican las condiciones naturales del bosque.

Al talar especies arbóreas el paso de luz se vuelve más intenso propiciando menor humedad en la zona. Esto ocasiona que especies de musgos, que se desarrollan en ambientes húmedos, desaparezcan o bien que se permita el desarrollo de especies que en condiciones escasas de luz no se establecen.

Esta es una comunidad homogénea por las coberturas arbóreas, que alcanzan valores altos reflejando un bosque sumamente denso (tabla 3; figura 5). Resultó ser la comunidad más diversa del área registrando un total de 40 familias, 81 géneros y 116 especies, de las cuales 27 son indicadoras de perturbación.

Ávila, (2002), asocia a *Abies religiosa*, únicamente con *Senecio angulifolius*, sin embargo, en este trabajo, se define otra asociación con *Acaena elongata*, en donde *Salvia elegans* presenta coberturas altas.

Con relación al tipo de suelo, este es Andosol húmico para todos los levantamientos registrados. Esta homogeneidad, puede ser una variable ambiental que esté actuando sobre las condiciones ambientales del bosque. El pH para esta zona es menos ácido coincidiendo con el descenso en la altitud. La figura 5, muestra que es el bosque con mayor extensión dentro de la cuenca, alrededor de 1400 ha, casi el 50 % de la superficie de la zona de estudio. Ocupa el piso altitudinal intermedio.

El Bosque Mixto y de *Quercus* se ubica entre los 2620 y 3370 m snm. Es una de las comunidades más complejas estructuralmente, que ocupa una extensión aproximada de 300 ha. Dentro de esta categoría se incluyen al bosque mesófilo de montaña, bosque mixto y bosque de *Quercus laurina* y *Q. rugosa* que se han registrado para la zona. Dentro de esta comunidad destacan las especies: *Abies religiosa*, *Alnus jorullensis ssp. jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Quercus laurina*, *Q.*

rugosa y *Pinus leiphylla* entre otros. Este bosque no sólo es complejo por la diversidad de especies arbóreas, sino también, por la mezcla de especies de diferentes comunidades vegetales. Es la segunda comunidad más diversa del área de estudio, presentando 44 familias, 78 géneros y 113 especies. Es la zona en donde se encontraron el mayor número de especies ruderales y arvenses (30 sp.), lo cual es de esperarse ya que es el área más cercana a los asentamientos humanos. Ocupa el piso altitudinal inferior, presentando la mayoría de las especies que la componen, intervalos altitudinales reducidos.

Para esta comunidad, se definieron cuatro asociaciones:

La primera involucra a *Abies religiosa* con coberturas muy bajas y a *Senecio cinerarioides* con coberturas más altas. En esta asociación, las coberturas para *Abies religiosa* no exceden el 20 %, en tanto que *Senecio cinerarioides* alcanza coberturas de hasta 40%. Esta asociación (Tabla 3. Levs. C21,C22), coincide parcialmente con la denominación de “*Abies religiosa* perturbado” que determinó para la misma zona de estudio Ávila (2001). Es importante resaltar que la especie *Senecio cinerarioides*, es característica de zonas perturbadas (Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Del análisis integral, y ubicando esta asociación dentro de la tabla fitosociológica, parecería ser una transición del Bosque de *Abies religiosa* al Bosque de *Quercus*. Sin embargo, de su ubicación en el mapa de comunidades vegetales (Figura 4), no se puede considerar de esa forma ya que una parte de este pequeño manchón se distribuye justo a la mitad de todo el complejo de la comunidad de *Abies religiosa*. Pese a ello, el análisis de cluster (figura 3), separa totalmente estos levantamientos relacionándolos más con el resto del bosque mixto. Considero muy probable dos razones por las que el análisis de similitud haga dicha separación. La primera está en relación a las coberturas tan bajas (2%) de *Abies religiosa* y la segunda, por la presencia de otras especies como *Buddleia cordata* y *Ceanothus coeruleus*, por mencionar algunas. La asociación de *Senecio cinerarioides-Abies religiosa*, fue una asociación de difícil definición por presentar similitudes en cuanto a la presencia de algunas de las especies de la comunidad de *Abies* (*Fuchsia thymifolia* ssp. *thymifolia*, *Salix paradoxa* y *Solanum cervantesii*), mientras que por otro lado, las coberturas para este elemento arbóreo son tan bajas, que no es posible definirlo como parte de dicha comunidad. Esto último no es más que una señal de la existencia de eventos de perturbación en el lugar.

La segunda asociación es de *Quercus laurina*-*Abies religiosa*. Las coberturas para este último, son medianamente altas (40%), en tanto que *Quercus laurina* presenta hasta un 30%. Estas especies son los elementos dominantes de la asociación. Sin embargo, existen otros elementos arbóreos como *Arbutus xalapensis* y *Salix paradoxa*, con coberturas de 25 y 20%, respectivamente. En esta zona se evidencia que no existe una clara separación entre la comunidad de *Abies religiosa* y el Bosque Mixto. El diagrama de cluster (figura 3), reúne en un sólo grupo ambas comunidades, generando un ecotono en el que sobresalen las especies mencionadas anteriormente.

La tercer asociación dentro del Bosque Mixto, es la de *Pinus patula*-*Cupressus lusitanica*-*Alnus jorullensis ssp. jorullensis* que presenta una gran diversidad en el componente arbóreo. Esta es una asociación que por sus elementos florísticos, ha sido considerada como Bosque Mesófilo de Montaña (Rzedowski, 1970 y Rzedowski y de Rzedowski, 2001). Sin embargo, no es posible definir en este trabajo esta categoría, sólo se puede mencionar que existen especies características de este bosque, con poca frecuencia y con coberturas menores. Dentro de estas especies se pueden citar a: *Arbutus xalapensis*, *Alnus jorullensis ssp. jorullensis*, *Clethra mexicana*, *Pinus patula* y *Quercus leiophylla*.

Es importante resaltar, que la caracterización del bosque mesófilo de montaña ha sido muy discutida debido a los diversos criterios utilizados en su descripción (Alcántara, 1996). Debido a ello, es posible encontrar distintos términos acuñados para este tipo de vegetación (Luna, 1984). Se ha podido definir un bosque mesófilo de montaña, por características como clima, altitud, fisonomía y elementos florísticos (Alcántara, 1996). Sin embargo, su caracterización no puede ser del todo precisa ya que en él se presenta una mezcla de elementos boreales y tropicales así como autóctonos, que pueden variar de lugar a lugar. Es por ello, que los árboles dominantes no son los mismos de un lugar a otro y muchas veces de una barranca a otra (Luna, 1984). Sólo se pueden mencionar elementos florísticos característicos de este bosque, pero no dominantes, ya que esto depende de las condiciones del lugar. En la zona de estudio, sólo se presentan algunos de los elementos característicos del bosque mesófilo de montaña.

La última asociación está definida por *Quercus laurina* y *Quercus rugosa*. Esta es una asociación densa que se distribuye en la parte más baja de la cuenca, siendo la más cercana a la zona urbana. Debido a ello, soporta presiones como fragmentación por asentamientos humanos y acumulación de residuos (Ávila, 2002).

En cuanto a las características físicas, pH, tipo y profundidad del suelo, se pueden observar diferencias a nivel de comunidad vegetal. Se observa, que el pH, es más básico para las partes bajas de la cuenca que para las partes altas en donde se encuentra la comunidad de *Pinus hartwegii*. Por otro lado, la profundidad de suelo es menor para esta última comunidad, que para la parte baja en donde se encuentra la asociación de *Quercus laurina-Quercus rugosa*. En cuanto al tipo de suelo, se observan diferencias mínimas. Para la comunidad de *Pinus hartwegii*, es Andosol húmico con mezcla de Andosol ócrico, para la comunidad de *Abies religiosa*, se observa una homogeneidad en el suelo siendo este únicamente Andosol húmico. Por último, para el Bosque mixto y de *Quercus*, el suelo es Andosol húmico con Litosol. No se pudo hacer un análisis con mayor detalle, ya que la escala del mapa edafológico no permite una clara diferenciación para esta variable ambiental. Por tal motivo, no fue posible distinguir marcadas diferencias para las asociaciones vegetales.

.

Fitodiversidad

Se registraron un total de 57 familias con 120 géneros y 194 especies, siendo la familia Compositae, la que presenta mayor número de géneros (21) y especies (44), dominando en las tres comunidades vegetales. Se ha visto, que en las latitudes en donde esta familia juega un papel importante, su cociente número de especies/número de géneros, se aproxima al mismo cociente para toda la flora fanerogámica de un área (Rzedowski, 1991^a). Para el área de estudio, se encontró que el cociente para la familia Compositae es de 2.0, en tanto que para toda la flora del área es de 1.6. Existe una mínima diferencia entre estos valores, lo que indica que la zona se encuentra bien representada florísticamente.

El género *Abies* es el dominante en cuanto a los valores de cobertura presentados. Con respecto a los estratos, el arbóreo domina por su cobertura en la comunidad de *Abies religiosa* y Bosque

mixto y de *Quercus*, seguido del arbustivo. Para la comunidad de *Pinus hartwegii*, el estrato herbáceo es el dominante.

Es importante mencionar, que se han registrado para la cuenca alta del río Magdalena un total de 530 especies de plantas. Registros que datan de un período de 1926 al 2001 por diferentes autores como Reiche(1926), Sánchez (1969), Madrigal (1967) entre otros. Estos datos representan el 2.4 % del total de la flora fanerogámica de México o bien al 25 % de la flora de la cuenca de México (Ávila, 2002). En este trabajo se registraron 194 especies que no es ni el 50 % de la flora registrada en los estudios de la región. Es probable, que en la época del año en que se hicieron los muestreos, no estuvieran todas las especies representadas por ser estas estacionales. También pudiera ser que las especies no registradas, tengan una distribución demasiado restringida, que no entraran en ninguno de los levantamientos realizados. Otra posibilidad ha considerar, es que algunas de estas especies registradas anteriormente, hayan ido desapareciendo por cuestiones de perturbación generadas por la actividad humana. Hay que recordar, que es una zona en donde se llevan acabo algunas actividades de agricultura y ganadería. Esta última depende substancialmente de las áreas forestales, pues se realiza de manera extensiva donde la vegetación herbácea del bosque es la única fuente alimentaria para los rebaños (Ávila, 2002). De hecho, una de las evidencias de este tipo de actividades, es la presencia de especies arvenses y ruderales (Tabla 7), que evidentemente alteran la dinámica del lugar. Muchas veces, la deforestación genera claros en el estrato arbóreo permitiendo el desarrollo de malezas (Ávila, 2002). Para la zona de estudio, resalta la dominancia de especies herbáceas, la cual puede asociarse a eventos de perturbación (Rzedowski, 1978).

La ubicación de la cuenca alta del río Magdalena, dentro del Eje Volcánico Transmexicano, hace de su vegetación un mosaico que por un lado limita con el Desierto de los Leones y por otro, presenta cercanía con el Ajusco. Haciendo un análisis de las especies registradas para el Ajusco por Nieto de Pascual (1987), y González (1996), cabe decir, que el 44 % de la flora de este trabajo, ya se ha registrado para el Ajusco, en donde la familia de las Compuestas también presenta el mayor número de especies.

Para el caso del Desierto de los Leones (cuya cercanía es mayor, ya que limita directamente con él) se observa, al igual que para la zona de estudio, que la comunidad vegetal predominante es la

de *Abies*, seguida del bosque de *Pinus hartwegii* y finalmente el de *Quercus* (DDF, 1993). Comparten un total de 38 especies, es decir un 20% de la flora, siendo las especies más comunes *Abies religiosa*, *Pinus hartwegii*, *Senecio angulifolius*, *S. barba-johannis*, *Acaena elongata*, *Alchemilla procumbens* y el género *Quercus*.

Análisis altitudinal

Las especies *Alchemilla procumbens* y *Geranium potentillifolium*, son las especies que presentan un intervalo altitudinal mayor, seguido del de *Abies religiosa*. Las especies con un intervalo corto y distribuidas a mayor altitud, coinciden con las representantes de la comunidad de *Pinus hartwegii*. Esta comunidad es la que mejor se define como una sólo unidad, lo cual indica que la altitud es una variable ambiental determinante en su formación.

La distribución de las especies a lo largo del gradiente, resalta a aquellas con una distribución amplia, de aquellas con una distribución restringida. Esto a su vez, muestra que no existe un límite altitudinal bien definido, si no que existen ecotonos, en los que pueden coexistir especies con intervalos altitudinales diferentes (figura 14). Un ejemplo de ello son aquellas especies que se encuentran en la transición de una comunidad a otra, o bien, por ejemplo, la presencia de *Abies religiosa* (2700-3560 m snm) y *Pinus hartwegii* (3380-3800 m snm) en una misma zona.

En cuanto a la metodología, se concluye, que el método fitosociológico de Braun-Blanquet, fue de gran ayuda para el análisis de la vegetación en la cuenca, resultando ser un sistema muy apropiado por la facilidad de manejo y rapidez de muestreo. Permite la realización de estudios relativamente rápidos en grandes extensiones, dando resultados confiables que reflejan las características de la vegetación de un lugar (García, 1982). A pesar de ello, este sistema ha sido considerado como un método subjetivo (Matteucci, 1982) por la manera en la que se realiza la estimación de las coberturas (Ávila, 2002), ya que dependen de la experiencia del investigador. Sin embargo, actualmente se utilizan sistemas computacionales que no sólo permiten agrupar si no también facilitar la manipulación objetiva de las tablas permitiendo manejar un número mayor de censos (Matteucci, 1982).

Cabe destacar, que este tipo de análisis de clasificación jerárquica, compara de manera objetiva las similitudes que existen entre las especies y sus coberturas. Mientras que la formación de las comunidades a partir de la tabla fitosociológica, está sujeta al criterio y experiencia del investigador, que parte del conocimiento del área de estudio. Es por ello, la importancia de combinar criterios tanto estadísticos como tradicionales, para crear un solo criterio que ayude en la definición de comunidades.

La definición y descripción de las comunidades y asociaciones resultó de la combinación del método fitosociológico tradicional, con un análisis multivariado. Se hizo una comparación de la tabla fitosociológica generada manualmente y la que se desglosó a partir de un análisis de cluster, dando resultados similares y formando en ambas, los grupos que aquí se mencionan. Esto comprobó, que el método tradicional no necesariamente tiene que ser erróneo. El combinar estos dos métodos, fue de gran ayuda para definir la tabla final que se reporta en este trabajo con sus respectivas asociaciones.

Así también, es importante considerar la representación de un área, ya que entre mejor representada esté esta, mayor será el detalle con el que se trabaje y por ende los resultados que se obtengan tendrán mayor validez. Esto se observó al adicionar a los primeros 28 levantamientos (Ávila, 2002), mayor información obtenida a partir de los 59 levantamiento realizados para este estudio. No obstante, es importante señalar que además del número de muestreos, es muy importante considerar la dispersión de estos, ya que de esta manera se refleja la representatividad de un área.

El estudio refleja la gran diversidad de especies que coexisten en un área tan pequeña como la cuenca alta del río Magdalena. Esta es una cuenca sumamente heterogénea en cuanto al relieve se refiere, y presenta una gran variedad de microhábitats que se traducen en una gran variedad de formas de vida y crecimiento dando como resultado una gran diversidad biológica, fenómeno típico del Eje Volcánico Transmexicano y de las zonas de montaña del país (Rzedowski, 1978).

Importancia de los estudios de vegetación

Un tema de actual controversia no sólo para los investigadores de las ciencias naturales, sino también para ecónomos, políticos, filósofos y para la población en general, es sin duda el tema de la biodiversidad. Como se ha dicho en la introducción, México es uno de los países que alberga una gran diversidad biológica, sin embargo, ¿qué tan importante es para México ser de los 12 países más diversos del mundo? ¿Tendrá algún significado el poseer tantas especies de plantas y animales?

Estas preguntas pueden contestarse de dos formas. La primera desde una perspectiva ecológica de la biodiversidad o bien la segunda desde una perspectiva económica del tema. Tomando como base el primer punto de vista, la respuesta sería obvia, ...la biodiversidad es de suma importancia ya que se considera patrimonio de la humanidad y base de la sustentabilidad de los recursos naturales..., sin embargo, es muy difícil en la actualidad, poder evaluar la importancia de la biodiversidad vista únicamente desde este punto de vista. Lamentablemente y dadas las circunstancias en las que se vive hoy en día dentro de un mundo globalizado, es indispensable adjudicar más que un valor científico y estético, un valor económico a la biodiversidad. Una de las formas en como se ha logrado esto y una de las vías mediante las cuales se ha dado su conservación, es evaluándola por los servicios ecosistémicos que provee, de tal forma que justifican el porqué de su importancia a las razones de su conservación.

Son muchos los pasos que se necesitan para hacer una evaluación a la biodiversidad, incluso en algunos casos todavía no existe el método para hacerlo, sin embargo, considero de primordial importancia, la realización de trabajos de esta naturaleza, para generar información que en un futuro sirvan de apoyo para tan difícil tarea.

La vegetación, no es sino el reflejo del clima, la naturaleza del suelo, la disponibilidad de agua y nutrientes, así como los factores antrópicos y bióticos. Su estudio es necesario ya que gracias a su existencia, se dan una serie de servicios ecosistémicos indispensables para el mantenimiento de la vida en general.

Los estudios fitosociológicos pueden enfocarse a finalidades puramente académicas o bien como base para la solución de problemas aplicados, ya sea en materia de conservación o de manejo y restauración. Así, el estudio del patrón espacial de las comunidades o de los grupos ecológicos

adquiere importancia en estudios autoecológicos y de producción primaria o secundaria para el manejo de bosques y de pastizales naturales (Matteucci y Colma, 1982).

Comenzando desde abajo, e iniciando con los cimientos de un gran edificio que culmina con el ático de la conservación ecológica, es sin duda alguna necesaria la realización de estudios, de lo que Matteucci y Colma (1982), suelen llamar como el resultado de la acción de los factores ambientales sobre el conjunto interactuante de las especies que cohabitan en un espacio continuo: la vegetación.

8. Conclusiones:

- ❖ El área de estudio presenta principalmente tres comunidades vegetales Comunidad de *Pinus hartwegii*, *Abies religiosa* y Bosque mixto y *Quercus*, que coinciden con los tres pisos altitudinales definidos: superior (2400-3800 m snm), medio (2750-3500 m snm) e inferior (2600-3300).
- ❖ La Comunidad de *Pinus hartwegii*, que ocupa el piso altitudinal superior, presenta dos asociaciones representadas por *Muhlenbergia quadridentata* y *Calamagrostis tolucensis*, determinadas por el porcentaje de cobertura. Es la comunidad menos diversa del área, presentando tan sólo 97 especies.
- ❖ La comunidad de *Abies religiosa* ocupa el piso altitudinal intermedio. Es la más diversa de toda el área (116 sp.) y la mayor extensión dentro de la cuenca. Presenta dos asociaciones, una con *Senecio angulifolius* y otra con *Acaena elongata* ambas especies indicadoras de perturbación.
- ❖ El Bosque mixto y de *Quercus* distribuido en el piso altitudinal inferior, es la segunda comunidad en cuanto a diversidad se refiere (113 sp.). Es la comunidad más cercana a los asentamientos humanos, razón que explica el número de especies arvenses y ruderales registradas (30 sp.). Es muy complejo en cuanto a su estructura por la gran variedad de especies arbóreas que presenta, razón por la que recibe el nombre de Bosque mixto.
- ❖ Se registraron un total de 57 familias, 120 géneros y 194 especies, de las cuales 48 son indicadoras de perturbación.
- ❖ La presencia de especies arvenses y ruderales especialmente en el piso altitudinal inferior, evidencia la influencia de las actividades generadas por el hombre.
- ❖ *Alchemilla procumbens* y *Geranium potentillifolium*, fueron las especies con intervalos altitudinales amplios, y *Quercus crassipes* la especie con la distribución más restringida.
- ❖ El método fitosociológico y el uso de herramientas estadísticas resultó ser el más adecuado para la determinación de las asociaciones presentes en este trabajo.
- ❖ La cuenca alta del río Magdalena es el único río vivo de la Ciudad de México. Su cobertura forestal, permite la retención del suelo dando las condiciones necesarias para

la infiltración del agua de lluvia que se integra a los mantos acuíferos que alimentan al Valle de México. Debido a ello, deben elaborarse de manera urgente planes para su conservación y/o restauración, con la participación de todos los actores involucrados en el área, incluyendo al académico.

9. Literatura citada

- Alcántara, O. 1996. *Estudio florístico y biogeografía del Bosque Mesófilo de Montaña del Municipio de Tenango de Doria, Hgo., México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM. 83pp.
- Almeida, L. 1997. *Vegetación, Fitogeografía y Paleoecología del zacatonal alpino y bosques montanos de la región central de México*.
- Álvarez, R. 2000. *Geografía de la educación ambiental: algunas propuestas de trabajo en el Bosque de los Dinamos. Área de Conservación de la delegación Magdalena Contreras*. Tesis de Licenciatura en Geografía, UNAM, Mex. 127pp.
- Ávila, 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. 92 pp.
- Benitez, G. 1984. *Estudio Florístico de la Sierra de los Pitos en el Estado de Hidalgo*. Tesis Profesional. Facultad de Ciencias, UNAM. 119pp.
- Braun-Blanquet, J. 1979. *Fitosociología: bases para el estudio de las comunidades vegetales*. H. Blume Ediciones. Madrid. 820 pp.
- Carabias, J.; V. Arriaga y V. Cervantes. 1994. *Los recursos naturales de México y el desarrollo*. En: P. Pascual Moncayo y J. Woldenberg (Coords.). *Desarrollo, desigualdad y medio ambiente*. De. Cal y Arena. México. p: 303-345
- Challenger, A. 1998. *Ambiente físico y zonas ecológicas de México*. En: *Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México. Pasado, presente y futuro*. CONABIO México. p: 269-293
- Daily, G., S. Alexander. 1997. *Ecosystem Services: Benefits Supplied to Human Societies by Natural Ecosystems*. *Ecology* 2:1-16
- Departamento del Distrito Federal. 1993. Comisión Coordinadora para el desarrollo rural. *Parque cultural y recreativo: Desierto de los Leones. Plan de Manejo*.
- Diario Oficial Federal. (1932). *Acuerdo que declara zona protectora forestal los bosques de la Cañada de Contreras, México*.
- Dirzo, R. 2001. *Forest Ecosystems Functioning, Threats and Value: Mexico as a Case Study*. In: *Managing Human – Dominated Ecosystems. Monographs in*

- Systematic Botany from de Missouri Botanical Garden. Vol. 84. Missouri Botany Garden Press. St. Louis Missouri. p: 47-64
- Domínguez, V. 1975 *Estudios Ecológicos del Volcán Popocatepetl. Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. 124pp.
 - Espinosa, F y Sarukhán, J. 1997. *Manual de Malezas del Valle de México*. Serie Texto Científico Universitario. Instituto de Ecología. UNAM. Fondo de Cultura Económica. México. 407 pp.
 - Fernández Galicia, MTE. (1997). Programa de manejo para la conservación de la Zona Protectora Forestal Cañada de Contreras, Distrito Federal, México. Tesis de Maestría en Biología, UNAM, México. 130pp.
 - García, C. 1982. *Análisis de la vegetación de las dunas estabilizadas de la región del Morro de la Mancha, Veracruz*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM. 95 pp.
 - García, E. (1988). Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Edición de la autora, México, D.F., 218pp.
 - González, B., A. Orozco y N. Diego. 2002. *Florística y afinidades fitogeográficas de la reserva Lomas del Seminario (Ajusto medio, Distrito Federal)*. Acta Botánica Hungárica. 44(3-4), p: 297-316
 - Halffter, G y Ecurra, E. 1992. *¿Qué es la biodiversidad?* En: Halffter, G. (comp.). La diversidad biológica de Iberoamérica. Acta Zool. Mexicana/Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo. México. p: 3-24
 - Kubitzki, K. 1990. *The Families and Genera of Vascular Plants*. Volume I. Springer-Verlag. Berlin. 404 pp.
 - Luna, M. 1984. *Notas Fitogeográficas sobre el Bosque Mesófilo de Montaña en México. Un ejemplo en Teocelo-cosautlan-Ixhuacan, Veracruz, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. 127pp.
 - Matteucci, S y Colma, A. 1982. *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington. 167 pp.
 - Mazari, M. (comp.). 2002. *Dualidad Población-Agua: Inicio del Tercer Milenio*. Ed. El Colegio Nacional, México D.F., 281 pp.

- McCune, B. y Mefford, MJ. (1999). *PC-Ord: Multivariate analysis of data. Versión 4, Gleneden Beach (Oregon): MJM Software.*
- Melo, G.C. y Alfaro, S.G. 2000. *Vegetación.* En: Garza, G. (coord.) *La Ciudad de México en el fin del segundo milenio. Gobierno del Distrito Federal-Colegio de México.* México. 768 pp.
- Mickel, J.y Beitel J. 1988. *Pteridophyte Flora of Oaxaca, Mexico.* The New York Botanical Garden U.S.A 568 pp.
- Mueller–Dombois, D. and Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology.* John Wiley and Sons, New York. 547 pp.
- Myers, N. 1996. *Environmental services of biodiversity.* Ecology. Vol 93, pp.2764-2769.
- Ontiveros, D.A. 1980. *Análisis físico y algunos aspectos socioeconómicos de la cuenca del río Magdalena.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Filosofía y Letras. Colegio de Geografía. UNAM. México.
- Palma, M., Romero, F.J. y Velásquez, A. 2001. *La cuenca de México: una revisión de su importancia biológica.* Biodiversitas 6 (37): 12-15
- Quadri, G; García, A; Rangel, H; Zambrano, R. 2002. *Bosques y biodiversidad en riesgo: vulnerabilidad en áreas estratégicas y nuevos instrumentos de conservación.* Centro de Estudios del Sector Privado para el Desarrollo Sustentable y PRONATURA (Asociación Civil) México. 261 pp.
- Rovirosa, J. 1990. *Pteridografía del sur de México.* Edición facsimilar de ICT Ediciones. Tabasco, México. 298 pp.
- Rzedowski, J. 1970. *Notas sobre el Bosque Mesófilo de Montaña en el Valle de México.* Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, I.P.N., México 18:91-106
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México.* Ed. Limusa. México, D.F. 432 pp.
- Rzedowski, J. 1991^a. *Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México.* Acta Botánica Mexicana. 14: 3-21
- Rzedowski, J. 1991^b. *El endemismo en la flora fanerogámica mexicana: una apreciación analítica preliminar.* Acta Botánica Mexicana. 15: 47-64

- Rzedowski, G. C. de, J. Rzedowski y colaboradores, 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.
- Silva, L. del C. 1998. *Los bosques de coníferas del sur de la cuenca de México: fitosociología, diversidad y uso tradicional*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias. UNAM. 63 pp.
- Toledo, V. 1993. *Las regiones ecológicas de México*. En: Ávila Sánchez H. (comp.). *Lecturas de análisis regional en México y América Latina*. Universidad Autónoma de Chapingo. México. p: 511-541
- Toledo, V y Ordóñez M.J. 1998. *El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres*. En: Ramamoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot y J. Fa. (eds). *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM. p 739-755.
- Tryon A.y Lugardon B. 1991. *Spores of the Pteridophyta*. Springer-Verlag New York Inc. U.S.A. 648pp.

10. Anexo